

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica,
Minera y Metalúrgica



SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN MINAS Y OBRAS CIVILES

T E S I S

- Para optar el Título Profesional de
INGENIERO DE MINAS

PEDRO ROY RODRIGUEZ VALLE

PROMOCION 1980 - 1

Lima - Perú
1985

A mis padres

A mi esposa

A mi hijo

..... Siendo ellas las personas que
más quiero y habiendo sido ellos, el punto
inicial de partida para lograr más satis -
facciones personales con la presente.

SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN MINAS Y OBRAS CIVILES

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO
 - 2.1.- NECESIDADES DEL SOSTENIMIENTO
 - 2.2.- SISTEMA DEL SHOCRETE
 - 2.3.- SISTEMA DE INYECCIONES DE MORTERO
 - 2.4.- SISTEMAS CONVENCIONALES
 - 2.5.- EFICIENCIAS OPERATIVAS Y COSTOS
- 3.- FACTORES DETERMINANTES
 - 3.1.- MANO DE OBRA
 - 3.2.- EQUIPOS Y SU MANTENIMIENTO
 - 3.3.- MATERIALES Y SUS CUALIDADES
 - 3.4.- DOSIFICACIONES Y CONDICIONES DE APLICACION
- 4.- DESCRIPCION DE EQUIPOS
 - 4.1.- BOMBAS CONCRETERAS
 - 4.2.- BOMBAS PARA LIQUIDOS
 - 4.3.- EQUIPOS NECESARIOS ACONDICIONADOS
- 5.- PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS
 - 5.1.- SISTEMA DEL SHOCRETE
 - 5.2.- SISTEMA DE INYECCIONES DE MORTERO
 - 5.3.- SISTEMAS CONVENCIONALES
- 6.- OPERACION BASICA
 - 6.1.- RECOMENDACIONES OPERATIVAS
 - 6.2.- NORMAS ESTANDART A.S.T.M - A.C.I - D.I.N.
 - 6.3.- CONCLUSIONES GENERALES.

SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN MINAS Y OBRAS CIVILES

1.- INTRODUCCION

La presente tesis de grado tiene como objeto, incrementarse en una mediana magnitud el avance tecnológico minero en el Perú para el cual se analiza en forma práctica los diferentes sistemas de sostenimiento moderno en minas y obras civiles.

El tema en mención se eligió por cuanto considero que es un factor determinante para seguir en marcha algún proyecto minero en la cuál hay problemas de sostenimiento natural, siendo este bien relativo no habiendo a la fecha parámetros bien definidos para determinar el grado de inestabilidad de las rocas subterráneas y rocas expuestas a la superficie con diferentes grados de alteración.

La presente tesis es un resumen analítico y práctico de los sistemas de sostenimiento moderno con utilización de CONCRETO ROCIADO & INYECCIONES DE MORTERO en ambos casos se utilizan como elementos principales al cemento, agregados, agua y fierro.

La ejecución de trabajos con los elementos anteriores es un arte y requiere de conocimientos de noci

ones teóricas y experiencia simultánea por esta razón la mayoría de estos trabajos se tornan difíciles desde el punto de vista técnico y se ven a recurrir a empresas especializadas quienes cuentan con personal capacitado y equipos apropiados. Las técnicas en estudio esta regida en un gran porcentaje por las normas de construcción civil para lograr mejores resultados..

La inquietud surgio por cuanto he podido observar en varias minas se puede optimizar la utilización de recursos humanos, mecánicos y materiales para poder lograr eficientes objetivos especialmente en minería sin rieles donde el sistema requiere menos tiempos muertos en el minado respectivo.

Deseo que esta tesis sea el primer paso para una posterior investigación y optimizacion en los diferentes problemas de inestabilidad de macisos rocosos relacionados con sus respectivas soluciones.

2.- SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO

Los constantes problemas de inestabilidad de macisos rocosos han originado el constante avance tecnológico de los sistemas de sostenimiento, sus aplicaciones iniciales y actuales tienen relación directa con los recursos naturales, humanos y la práctica de campo. El apoyo científico (cualitativo y cuantitativo) en los problemas de inestabilidad de rocas a sido mínimo por cuanto los factores son bastantes relativos para cada zona ó mina conduciendo así a hacer un sostenimiento práctico y rutinario.

En la última década con la implementación del sistema trackles en algunas minas peruanas también a conducido a utilizar otras técnicas de sostenimiento tales como el sistema del Shocrete e inyecciones de cemento los cuales han dado mejores resultados.

La ciencia que tiene mayor relación entre la inestabilidad y el sostenimiento de rocas es la mecánica de rocas, seguidamente hacemos un estudio práctico de la ciencia en mención.

MECANICA DE ROCAS.- Esta ciencia a la fecha en el Perú y el mundo no es un sistema bien definido ni aplicable a los problemas de sostenimiento en minas; considero que su avance científico-práctico se a visto limitado por 2 factores:

- 1.- Utilización de sistemas convencionales para la

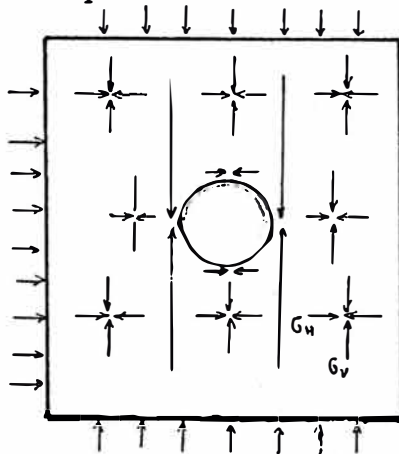
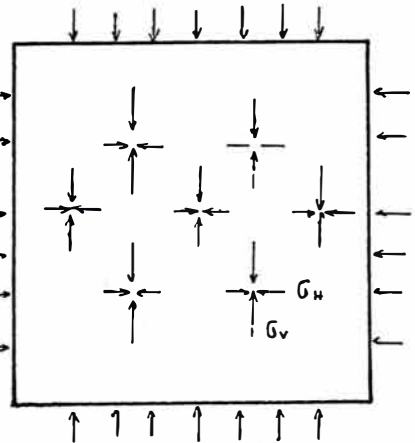
solución de problemas de sostenimiento en forma inmediata en función a los recursos humanos y materiales etc.

2.- Lo abstracto de la ciencia en definir problemas y soluciones de estabilidad los trabajos realizados hasta la fecha en mecánica de rocas se a concentrado en investigaciones de carácter puramente académico.

De lo expuesto anteriormente se a podido obtener más datos e información util desde el punto de vista práctico razon por lo cual describimos el siguiente fenomeno fisico..

EXCAVACION EN ABERTURAS SUBTERRANEAS

En el gráfico adjunto se muestra una porción de un medio sujeto a tensiones horizontales y verticales que son definidas y constantes en su eje respectivo para cualquier roca no alterada.



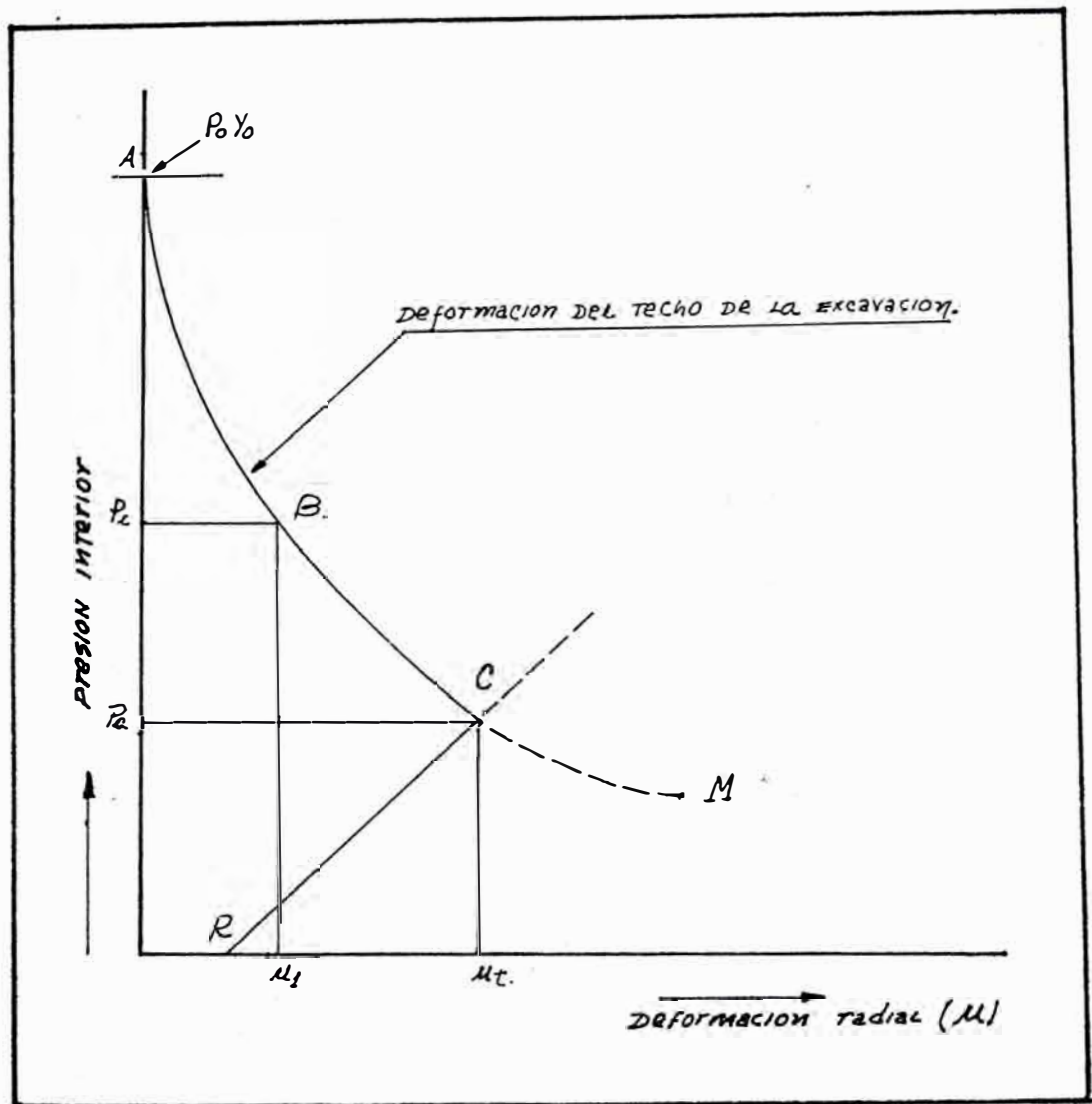
La presencia de excavación en un macizo rocoso origina una redistribución generalizada de esfuerzos de diferentes magnitudes. Se aprecia que el estado de tensiones se a incrementado estando en función de las

dimensiones de abertura, calidad de la roca y las condiciones iniciales del maciso rocoso.

Seguidamente por medio de un grafico adjunto veremos como ocurre la deformación de un maciso rocoso despues que a sido alterado por excavación o voladuras cercanas en la cual estas deformaciones es diferente para cada clase de roca.

CONSIDERACIONES.-

- Deformaciones radiales en un frente de avance ó galerias en excavación.
Antes de la excavación se tiene una presion radial (contorno) en una sección transversal cuya magnitud es P_0 en el punto A.
- A partir de las coordenadas P_0, Y_0 se inicia la deformacion radial (u) se aprecia que esta tiende al infinito que estara limitado por el valor máximo (M). Punto en el cual se fatiga la roca y colapsa la zona.
- Entonces la unica forma de detener esta deformacion es aplicando una presion interna que controlara en un punto C la deformación
- La aplicación de la presion interna R de un refuerzo debe ser paralelo a las observaciones de campo cuando se este logrando una redistribución o estabilidad de esfuerzos, tal que dicho refuerzo no sufra deformaciones



DEFORMACIONES INDUCIDAS POR EL PROCESO DE EXCAVACION.

que pueden ocasionar su fatiga entonces llegara un momento que las presiones internas del refuerzo R sera igual a la presion ejercida en el punto C y el contorno radial de la excavacion dejara de deformarse teniendo como deformacion total (ut)

Apreciase que si se instalara el refuerzo con mucha anticipacion este estara sujeto a soportar deformaciones que en el caso de ser máximos este se fatigara y su instalación seria inutil.

De manera análoga si se instalara muy tarde la excavacion puede fallar a pesar de tener un refuerzo.

METODOS CLASICOS DE EVALUACION DE INESTABILIDAD

En las ultimas decadas se a desarrollado gran cantidad de métodos de evaluación de inestabilidad a continuacion describimos.

PRIMER METODO.- Considerando una carga debido al reglamento de la roca al abrir la excavación este método considera que sobre la excavacion se forma una zona inestable y variada de acuerdo a la calidad de la roca y en forma analítica se halla las presiones existentes sobre el sostenimiento a usar entre los autores tenemos a Terzhagy y Protodyakov.

CALIDAD DE ROCA DESIGNADA.- Conocida como RQD (Rock quality designation) propuesto por Deere en 1963 este evalua la calidad de la roca estando definida por la suma de las longitudes de los testigo de una perforación diamantina (NX) que debe ser de 10 cm ó mayores en longitud dividido por la longitud total de la perforacion se expresa en %.

$$RQD = \frac{\text{Long. de testigos } 10 \text{ cm}}{\text{Long. total de perforacion}}$$

Este método fue correlacionado con las dimensiones de excavacion y el tiempo de sostenimiento.

CLASIFICACION SEGUN EL METODO RQD

Descripcion	valor
Muy malo	0 - 25
Malo	25 - 50
Regular	50 - 75
Bueno	75 - 90
Consistente	90 -100.

Asi mismo informo que hay estudios relacionados con la mecánica de rocas por los científicos del mundo tales como: Creep, Muller, Morh etc.

METODOS COMBINADOS.- Debido a la gran complejidad de los problemas de sostenimiento se probó que los métodos anteriores fallaban y que su aplicación se centraba a rocas homogéneas ubicadas a poca profundidad entonces estos se empiezan a relacionar con la geotecnia para tener mayor aceptación.

METODOS GEOTECNICOS.- a continuación mencionamos los diferentes métodos existentes.

CSIR.- Bienawski 1978 de la South African Council for Scientific.

NGI.- Barton Lien 1974 en el Norwegian Geotechnical.

RSR.- Wichom y Tiedemann en el Bureau of Mines en U.S.A.

Estos métodos geotécnicos utilizan el RQD, familias de diaclasas, grado de alteración, rugosidad, agua existente, esfuerzos primarios, resistencia a la compresión simple, factores determinísticos etc.

2.1.- NECESIDADES DEL SOSTENIMIENTO

La necesidad del sostenimiento en minería y en obras civiles tienen varios factores los cuales determinan la clase de sostenimiento y el tiempo de aplicación optima para sobreponerse a los problemas de inestabilidad de macisos rocosos. Así mismo se ve que para cada zona laboral la necesidad del sostenimiento es diferente que generalmente se determina por los siguientes factores.

La estabilidad de la roca.

El tiempo de utilización de la zona afectada

El grado sísmico originado por voladuras

El proceso geológico de la zona

Zonas inaccesibles y prioritarias.

LA ESTABILIDAD DE LA ROCA.- Este fenómeno tiene relación directa con la mecánica de rocas la cual determina la resistencia mecánica de las mismas, la cual tiene relación directa con el módulo de elasticidad y otras propiedades físico-mecánicas tales como densidad, tenacidad, coherencia etc.

En las rocas coherentes las partículas se hallan unidas entre sí por las fuerzas de cohesión interna, las rocas sueltas se componen de granos separados sin cohesión entre sí muchas veces estas rocas están saturadas de agua adquiriendo propiedades de fluidez formando así terrenos movedizos.

EL TIEMPO DE UTILIZACION DE LA ZONA AFECTADA.- Este factor determinara la utilización del sostenimiento en forma temporal ó definitivo asi mismo este debe estar relacionado con la incidencia económica ya sea a corto plazo o mediano generalmente son de mediano plazo a largo plazo como se puede apreciar seguidamente:

Sostenimiento en galerias principales de transporte, estaciones de piques, sala de maquinas en interior mina, tuneles hidraulicos, carreteras, canales, diques etc. El sostenimiento temporal ocurre generalmente en el punto de trabajo de explotacion (tajeos), zonas en las cuales los espacios vacios se rellenan generalmente con material detrítico y relaves.

EL GRADO SISMICO ORIGINADO POR VOLADURAS.- Este aspecto es generalmente ocasionado por voladuras cercanas a zonas de transito ó concentraciones laborales En estos casos el sostenimiento tiene que ser inmediato cubriendo asi los riesgos de seguridad laboral. Las voladuras adyacentes aceleran la inestabilidad de la roca en un determinado radio por lo que es im prescindible el sostenimiento por cuanto las zonas cercanas a las voladuras tienen un movimiento dinamico acelerado infinitesimal en la que el tiempo de su autosostenimiento es bastante irregular esto ocurre con mayor incidencia en secciones mayores a los 12 m² ó secciones alteradas en su coherencia.

EL PROCESO GEOLOGICO DE LA ZONA.- Este factor determina grandemente la frecuencia del sostenimiento adicional en una zona cualquiera, este fenómeno tiene variación calitativa y cuantitativa determinando el tipo de roca en función a la firmeza de la roca. Entiendase por firmeza la facultad de las rocas a no desmoronarse al sufrir una variación la firmeza de una roca disminuye con presencia de grietas y variación de presiones circundantes debido a trabajos con explosivos, De acuerdo al grado de firmeza los minerales y rocas encajantes pueden dividirse en la siguiente forma.

Rocas Consistentes.- Son aquellas que pueden ponerse al descubierto a diferentes profundidades y permanecen si derrumbarse durante decenios.

Rocas Medianamente consistentes.- son las que pueden estar descubiertas secciones grandes durante un plazo relativamente breve.

Rocas Desmoronables .- Son aquellas que no pueden permanecer descubiertas y requieren reforzamiento posterior inmediato.

Rocas Flojas.- son las que no pueden permanecer descubiertas y requieren sostenimiento previo.

Rocas consistentes: cuarcitas, granitos, caliza.

Rocas Inconsistentes: arcilla, esquistos, yesos.

Rocas Muy inconsistentes: arenas, gravas etc.

La distribución anterior es práctica y bastante ajustable a lo mencionado por otros autores.

ZONAS INACCESIBLES Y PRIORITARIAS.- Cuando se tratan de estas zonas el sostenimiento es imprescindible por cuanto hay obras mineras y civiles que se han visto necesariamente en abrir paso por zonas colapsadas por diferentes factores, otros casos por recuperaciones de labores o maquinarias etc. Siendo el sostenimiento la primera arma práctica con el que hay que atacar el problema existente.

2.2.- SISTEMA DEL SHOCRETE

Este sistema se caracteriza por utilizar el concreto como elemento principal el cual es adherido y se compacta en forma simultanea a la zona de aplicación por medio de propulsión neumática.

El hormigón proyectado ó concreto rociado se adhiere a la superficie de aplicación por capas que lo diferencia del hormigón normal que es practicamente por bloques homogéneos.

Respecto a la variedad de mazas y su transporte pueden ser por vía seca y vía húmeda estos procedimientos se distinguen por la mezcla previamente confeccionada y por el equipo de bombeo que se usa.

HISTORIA DEL CONCRETO ROCIADO

Este sistema data de 1911 tiene varios nombres segun la procedencia teniendo todos un mismo concepto y efecto veamos algunos nombres segun su origen:

Beton projecte	Francia.
Hormigón proyectado	España.
Shocrete	E.E.U.U.
Torkret-Spritleton	Rusia.

En la presente tesis se esta utilizando como nombre del concreto rociado al sistema del shocrete ya que esta a logrado mayor afinidad en la minería nacional. La evolución tecnológica del shocrete a transcurrido en el tiempo como sigue:

RESUMEN CRONOLOGICO

- 1907.- Inventado por CAERL E. AKELEY en norteamerica se inicia esta técnica cuyo equipo de aplicación lo llamaron Cement-Gunt.
- 1911.- E.E.U.U. lanza al mercado un equipo tal que podia transportar granos fines de 8mm de \emptyset la maza transportada se conocio como GUNITA.
- 1920.- Alemania: En esta país se logro mejorar el equipo asi mismo se logra impulsar granos hasta de 10 mm de \emptyset . La compañía que logro esta tecnología es la GmbH.
- 1950.- Suiza: Juntamente con pruebas en Austria el Ingeniero GEORG SENN logra un equipo de mezclado por medio de tornillo logrando impulsar agregados con granos hasta 25 mm de \emptyset .
- 1957.- Suiza: En este país se logra mejorar la tecnología existente logrando impulsar granos de 25 mm de \emptyset . El equipo de impulsión es acondicionado con un ROTOR logrando un mezclado adicional y mayor impulso de salida la compañía que logra esto es la MEYCO GM.
- 1985.- A la fecha los equipos Suizos siguen ofreciendo el mejor equipo para la aplicación de Shocrete. Simultaneamente se esta haciendo investigación de concreto rociado con elementos sintéticos como polimeros, asfaltos, fibras de vidrio que reemplazarian al concreto y asi darle otras aplicaciones industriales.

CAMPOS DE APLICACION DEL SHOCRETE

La aplicación de este sistema tiene sus inicios en la construcción civil (revestimiento) posteriormente es utilizado en minería como se hace a la fecha. En la actualidad hay tendencia darle otros usos industriales.

Aplicacion en Obras civiles:

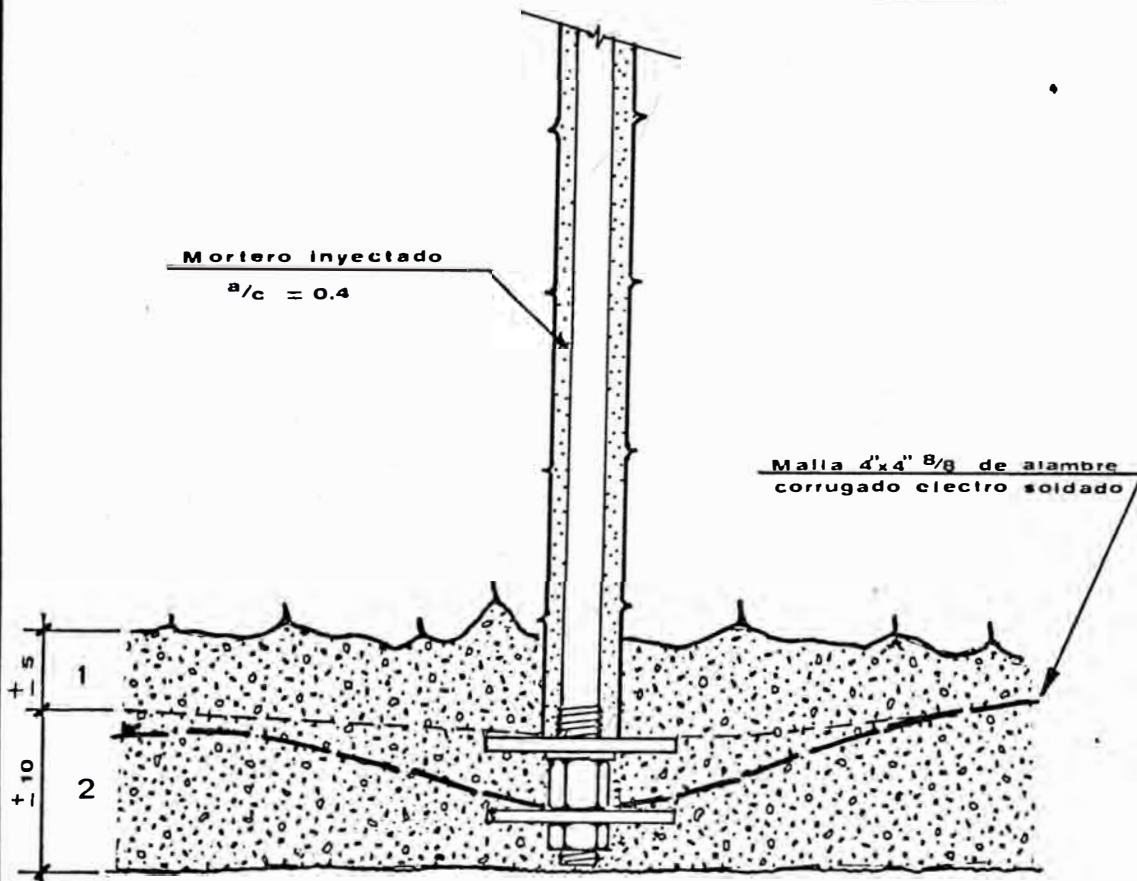
- Revestimiento de viviendas, edificios y otros
- proteccion termica en calderas, hornos etc.
- hormigon ligero en protección de piscinas.
- reforzamiento en obras hidráulicas
- reforzamiento en tuneles y socavones.
- revestimiento en muros de contención y ciclópeo.

Aplicación en Minería:

- reforzamiento en galerias de minería sin rieles.
- sostenimiento en galerias mixtas con cuadros.
- refuerzo combinado con pernos y mallas en socavones, salas de maquina en interior mina etc.
- revestimiento de estaciones, bodegas y muros,
- vaciados de concreto en galerias verticales etc.

Como se puede apreciar el uso del shocrete es variado y flexible a circunstancias de campo. Generalmente su aplicación contiene mallas de fierro y pernos de roca. El Shocrete a tenido mayor auge con la impulsión de la minería sin rieles en donde los sistemas de sostenimiento usados ya no son funcionales.

CONCRETO ROCIADO (SHOTCRETE)



NOTA:

SECUENCIA DE OPERACION

- 1 PRIMERA CAPA CONCRETO ROCIADO
- 2 PERFORACION E INSTALACION DE PERNOS
- 3 COLOCACION DE MALLAS
- 4 SEGUNDA CAPA CONCRETO ROCIADO

2.3.- SISTEMA DE INYECCIONES DE MORTERO

En esta parte de la presente tesis trataremos sobre el sostenimiento a base de inyecciones de mortero ó cemento las cuales son mezclas dosificadas de arena agua y cemento este sistema de sostenimiento es de aplicacion especial; Para tal caso consideraremos estas inyecciones en 2 clases:

- Inyecciones de consolidación
- Inyecciones de contacto.

Su aplicación se apoya en un sistema de bombeo semi-liquidos los cuales se regulan de acuerdo a las necesidades de campo.

HISTORIA DE LAS INYECCIONES DE MORTERO.

Sus inicios de este sistema estan ligados intimamente a la industria de la construcción civil en edificaciones alla por el año de 1940, posteriormente se intensifico su aplicación logrando mejorar su tecnología que a la fecha tambien se le conoce como GROUTING: Su aplicación en minería es reciente por cuanto otros sistemas han sido incapaces de solucionar problemas de gran dimension que muchas veces marchan paralelos a la mineria sin rieles, siendo este sistema el más seguro en colapsos ó derrumbes en minería. Los inicios de la tecnología fueron dadas en norteamerica para posteriormente lograr ceptacion y mejorar su eficiencia en Francia.

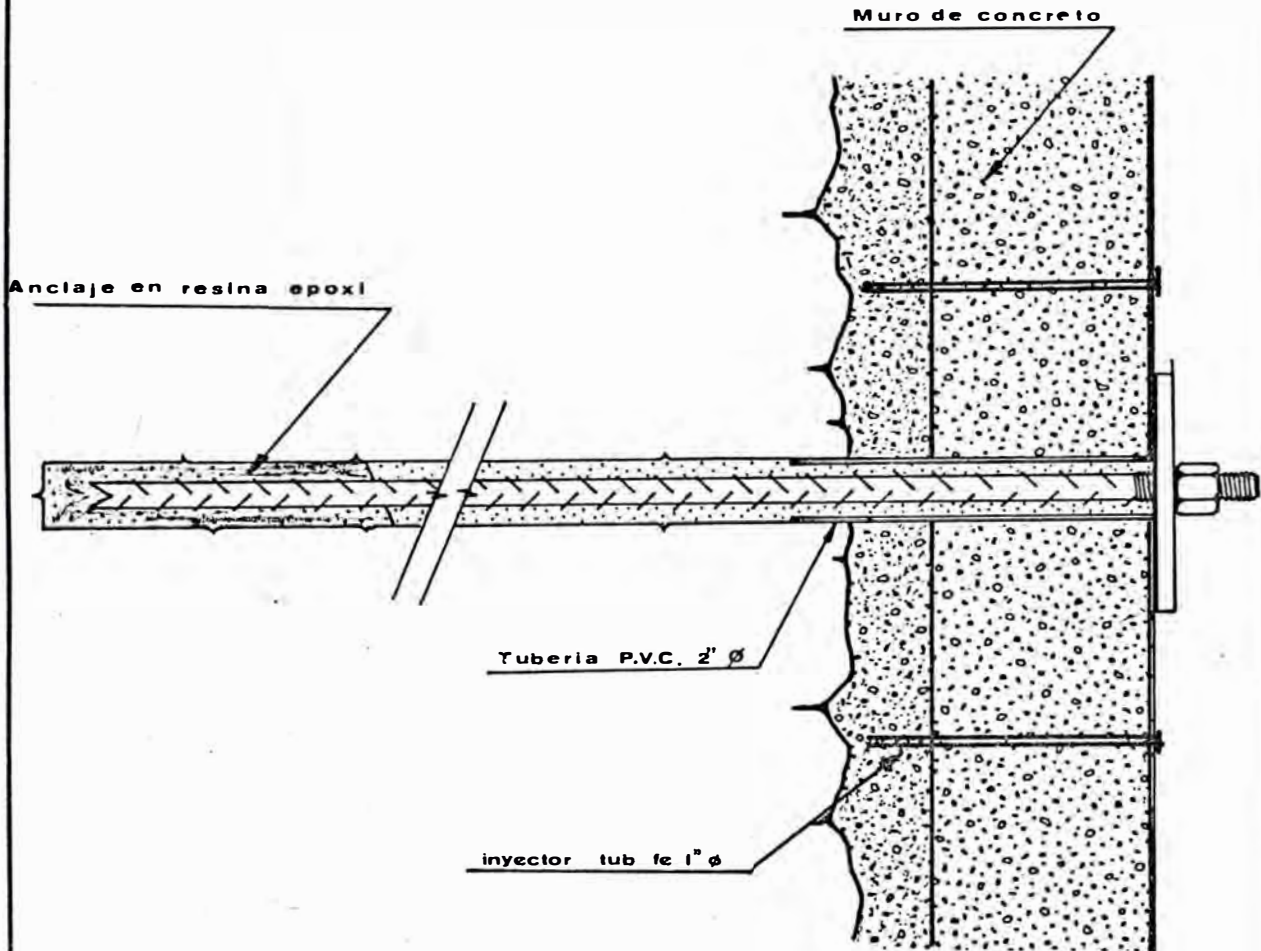
CAMPOS DE APLICACION.- La aplicación de inyecciones de mortero estan centradas a la industria de la construcción civil y minera ,en el primer caso a tenido mayor énfasis por cuanto las obras civiles tienden a una mayor precisión y rango de seguridad por el tiempo de vida y función de las mismas.

- cimentacion de edificios,muros etc.
- relleno en juntas de columnas,murallas.
acentamiento y nivelacion de maquinas.
- grandes derrumbes en tuneles hidráulicos.
- derrumbes en zonas de trabajo minero. .
- adherencia entre muros de concreto y roca
relleno de espacios vacios entre ductos
metálicos y roca en obras hidráulicas.

Tambien se puede apreciar que la aplicación de este sistema es multiple asi como en la instalación de pernos perfo y otros.

Respecto a los diferentes Ensayos de : concretos agregados,para determinar sus propiedades fisicas y mécanicas se rrecurren a laboratorios,En el caso nuestro tenemos laboratorios de ensayo de materiales en las universidades de Ingenieria y la Catolica de Lima-Perú.

INYECCIONES DE MORTERO



SECUENCIA DE INSTALACION

- 1.- Perforacion de taladros.
- 2.- Instalación tubería P.V.C. (continuación del taladro).
- 3.- Encofrado y vaciado de concreto.
- 4.- Instalacion perno de roca.
- 5.- Tensionado e inyeccion de mortero.

SERVICIOS DE MINERIA Y CONSTRUCCION

REPORTE DE PRUEBAS DE CONCRETO ROCIADO EN LABORATORIO

Tipo de Mezcla : 350 Kg/cm²
 Asentamiento : 0"
 Humedad Arena : 3%
 Cemento Marca : Andino Tipo I

DOSIFICACION MEZCLA BASICA CORREGIDA CON HUMEDAD

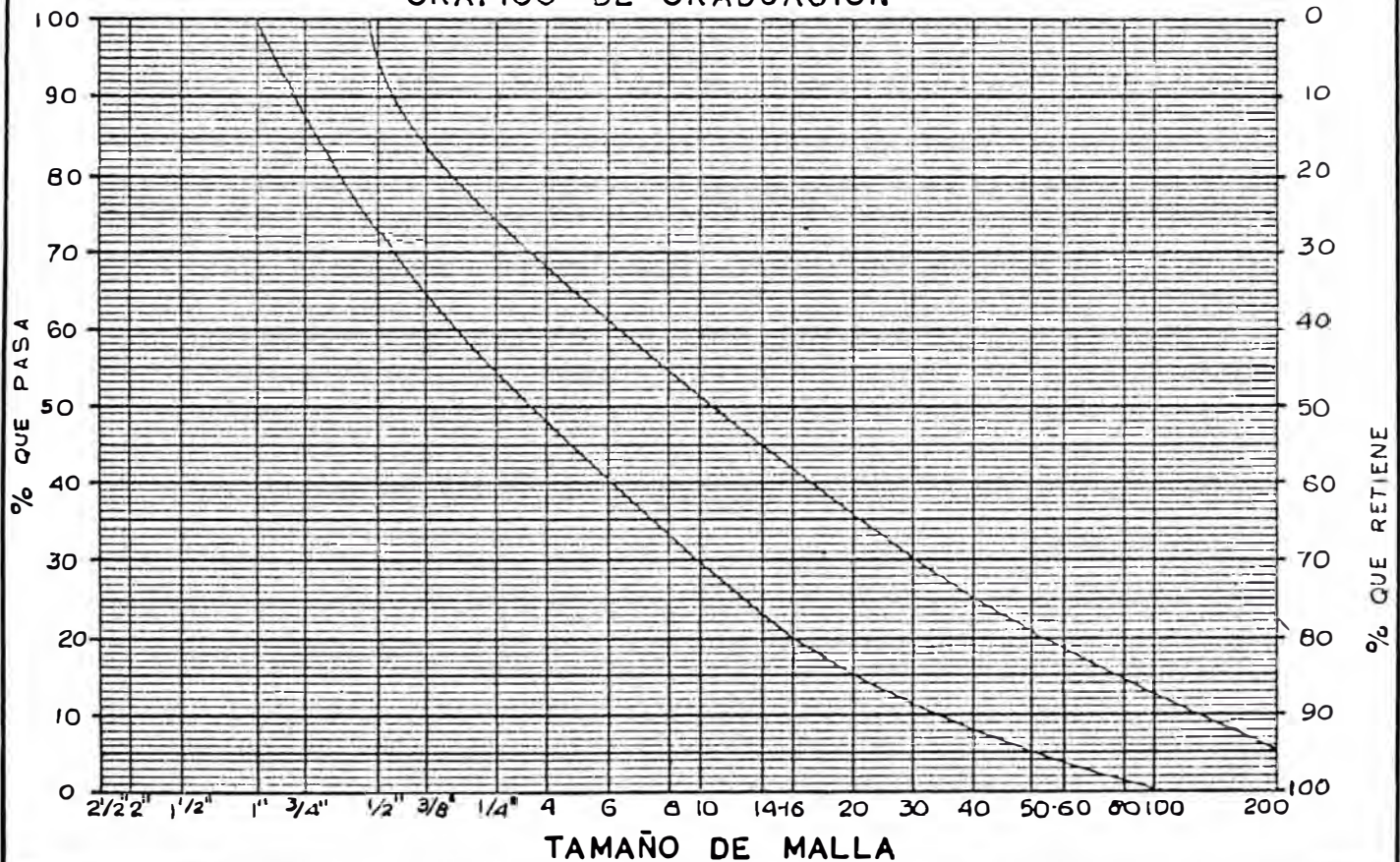
Volumen Mezcla : 1 M³
 Cemento : 395 Kg.
 * Agregados : 1565 Kg.
 Agua : 194 Lts.
 Relación Agua Cemento : 0.49

* Material para shotcrete de río Torata separando tamaños para formar la curva ideal.

RECORD DE ROTURA DE CILINDROS:

A los 28 dias : 365 Kg/cm²

GRAFICO DE GRADUACION



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
SECCION MECANICA



ENSAYO DE TRACCION

SOLICITADO POR : HAZZ S.A.
 ENSAYO EJECUTADO POR : ING. ROBERTO LAZARTE G.
 DESCRIPCION DE MUESTRA : BARRA CORRUGADA DE FIBRA DE VIDRIO (ϕ 1")
 FECHA : 03. 05. 85.

Número de Muestra	Longitud entre marcas (mm - pulg.)	Sección Transversal		C A R G A S			T E N S I O N E S			Alargamiento entre marcas
		Diametro nominal (mm - pulg.)	Area nominal (mm ² - pulg. ²)	Fluencia	Máxima Kg.	Rotura	Fluencia	Máxima Kg/mm ²	Rotura	
1		1	mm ² 510	-----	6,449	-----	-----	12.64	-----	-----
								Kg/cm ²		
								1264		

OBSERVACIONES:

2.4.- SISTEMAS CONVENCIONALES

Los sistemas convencionales de sostenimiento tienen trascendencia histórica a nivel mundial especialmente en la pequeña y mediana minería estos sistemas se han tomado de acuerdo a las necesidades de minado.

CUADROS DE MADERA.- Este elemento es tradicional en la minería por cuanto es manejable y de poca incidencia económica, Su aplicación es múltiple así tenemos en galerías en promedio de 1.8x2.0mt, en tajeos como puntales, en tipos de explotación y caminos de acceso a labores mineras.

Respecto a su durabilidad es variable con un mantenimiento pueden prestar servicios hasta por doce años según las circunstancias ambientales etc.

Con una humedad del 12 % puede conservarse los cuadros de madera con dicha humedad la frecuencia de putrefacción es mínima.

Su utilización con los nuevos sistemas de minado es de poca frecuencia dado que se trata de excavaciones subterráneas de grandes dimensiones las cuales son superiores a 3.5x3.0 mt de secciones en galerías. Para finalizar el uso de la madera en sus diferentes formas perdurará por siempre al servicio minero.

SOSTENIMIENTO CONVENCIONAL CON CUADROS DE MADERA.



ARCOS METALICOS.- Estos elementos estructurales generalmente son hechos de fierro en diferentes tipos y características de resistencia. Es manejable en un grado medio con alta incidencia económica.

Su durabilidad es poderosa estando expuesta a oxidaciones circunstanciales.

Su Aplicación es variada especialmente cuando se trata de terrenos de mediana a baja competencia la utilización de este elemento en minería es variable mientras que dicha utilización se acentúa en tunelería especialmente cuando se trata de obras civiles, el uso de cerchas en la pequeña minería es de mínima frecuencia.

Después de haber analizado las diferentes propiedades de los sistemas de sostenimiento expuestos pasaremos a analizar los diferentes pernos de fierro que se utilizan para estabilizar macisos rocosos.

SOPORTE Y REFUERZO DE ROCAS.- Estos conceptos son diferentes que generalmente se toman en forma equivocada por parte de algunos mineros, tal es el caso del uso de cuadros de madera en forma continua en la que se sigue reforzando mas no autosóportando el maciso rocoso.

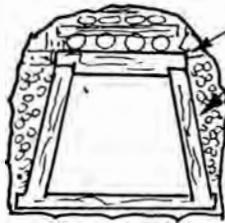
REFUERZO.- Es un conjunto de elementos que NORMALIZAN el arco natural de la roca y limitan la prolongación de la deformación, fracturamiento y fallamiento de la roca. Ejemplo clasico son los pernos.

SOPORTE.- Es un conjunto de elementos que ABSORVEN las presiones en el perimetro del arco natural mas no limitan las prolongaciones de la deformación, fracturamiento y fallamiento en la que finalmente el cuadro ejerce un trabajo pasivo. .

En los graficos adjunto se puede apreciar en forma esquemática el funcionamiento de los elementos de refuerzo y soporte respectivamente. En referencia a la utilización de pernos de fierro(roca) se guidamente haremos un analisis del avance técnico.

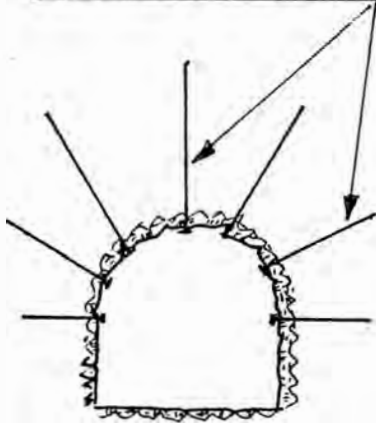
LIMITE DE LA ZONA FRACTURADA

ELEMENTOS DE SOPORTE

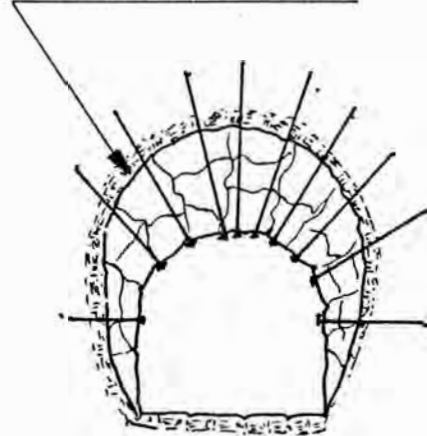


SOPORTE DE ROCA.

ELEMENTOS DE REFUERZO.



LIMITE DE LA ZONA FRACTURADA.



REFUERZO DE ROCA.

SOSTENIMIENTO CON PERNOS

El sostenimiento con pernos a lo largo de la trascendencia de las obras mineras y tuneleras a tenido una buena performance su evolucion es en relacion directa a rendimientos y costos.

Seguidamente se da una explicacion global de su funcionamiento y los esquemas vease en el grafico adjunto.

PERNOS DE EXPANSION.- Estos pernos son fabricados de fierro corrugado o fierro liso, \emptyset promedio $3/4$ " su instalacion y tensionado es en forma manual su aplicacion se hace en refuerzo de rocas, anclaje de maquinarias, carriles etc.

Los rendimientos han resultado ser eficientes por el sistema de anclaje puntual que tienen, respecto a sus costos es alto respecto a otros pernos.

PERNOS PERFO.- Estos pernos son fabricados de fierro de \emptyset variables su instalacion y tensionado es en forma manual su aplicacion es variada.

Sus rendimientos son menos eficientes que los pernos de expansion debido a su anclaje longitudinal que tiene cierta flexibilidad por el mortero envolvente de la misma, sus costos son inferiores a los pernos de expansion.

PERNOS ESPIRAL.- Tambien su fabricacion es de fierro corrugado de longitud y \emptyset variable este perno es una variacion de los pernos perfo.

Su aplicación es variada en minería.

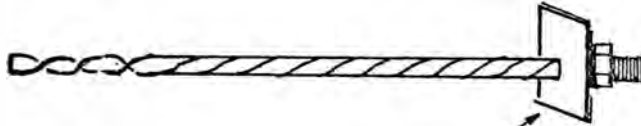
Son de un rendimiento intermedio entre los pernos mencionados anteriormente su aplicación es simultánea a las RESINAS EPOXICAS que según el caso se puede lograr anclaje puntual o total. Respecto a sus costos también son intermedios con relación a los anteriores.

PERNOS O TUBOS DE ACERO.- Estos refuerzos de macisos rocosos es lo último en la evolución de técnicas de sostenimiento con pernos su instalación es fácil por lo que se tiene altos rendimientos en su aplicación de problemas mineros y civiles sus costos unitarios rebasan los pernos perfo y en espiral pero en la práctica estos costos tienen baja incidencia que se compensa con la eficiencia del tubo de acero conocido comercialmente como SPLIT SET.

Los tres últimos pernos analizados utilizan en sus respectivas colocaciones un elemento llamado presionador o adaptador cuya fabricación es fácil.



PERNOS SPLIT SET.



PERNO TIPO ESPIRAL.



PERNOS TIPO PERFO

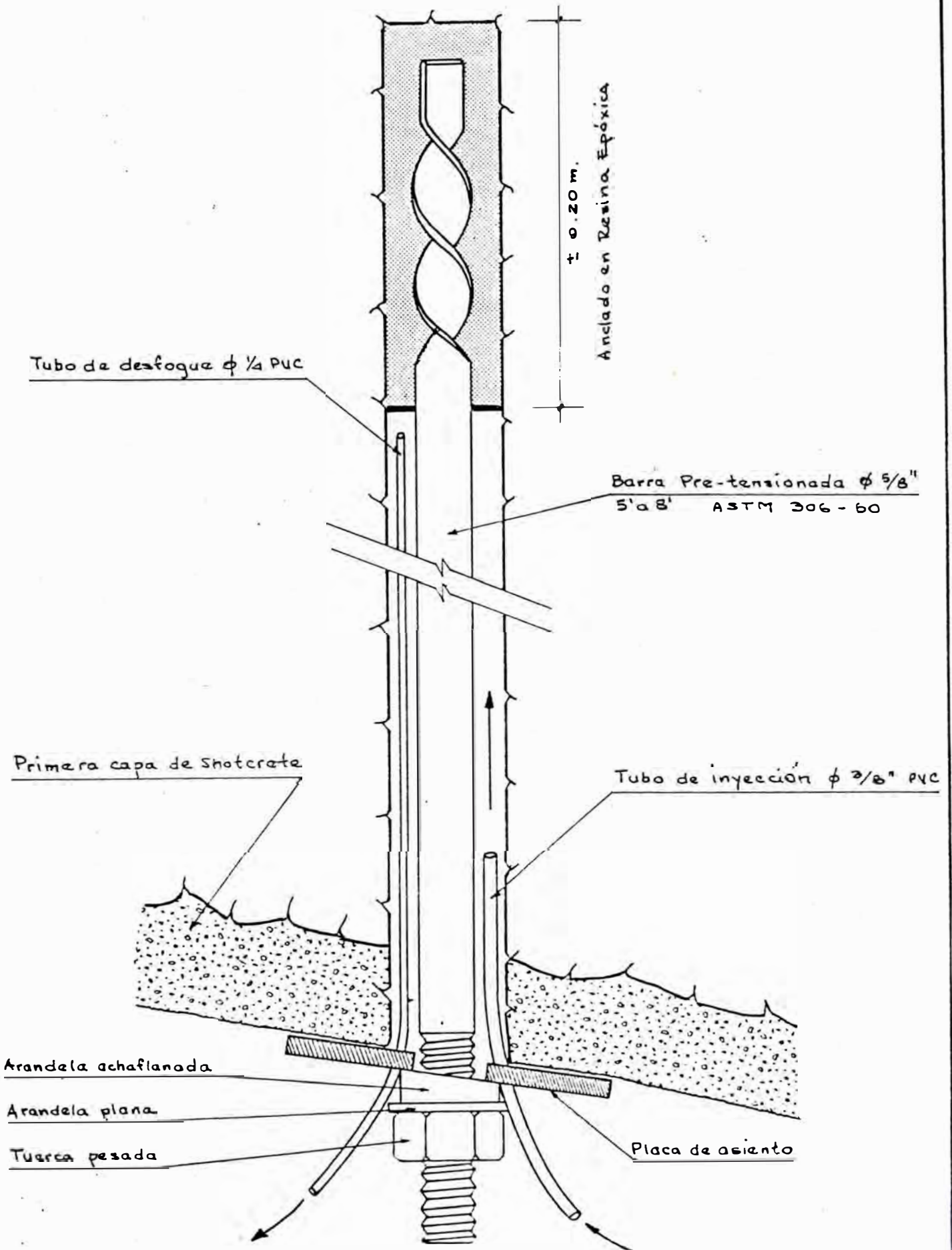
PLATINA DE Fe. 5" x 5"



PERNOS DE EXPANSION.

PERNOS DE ANCLAJE

INSTALACION DE PERNOS TIPO ESPIRAL CON ANCLAJE MIXTO.



2.5.- EFICIENCIAS OPERATIVAS Y COSTOS

Seguidamente hacemos un análisis práctico de los costos en los sistemas de sostenimiento en estudio que se adapta a factores de minado, excluyentes a la vez. El análisis se hizo en una sección de 3.0 m. por 3.5m en una roca de resistencia mediana a baja con presencia de estratificación discontinua.

ANALISIS DEL COSTO TOTAL DE INSTALACION
DE UN CUADRO DE MADERA.

Piezas de madera de 10', 11.5' x 8" x 8"

peso promedio total 950 kg.

Unidad : c/u

Rendimiento : 1.5 cuadro/8 horas

factor : 5.33 hora/cuadro

costo de tareas :	1 Emmaderador	S/. 32,000
	1 ayudante	20,000

COSTO DE MANO DE OBRA

1 emmaderador	4000x5.3	21,200
3 ayudantes	2500x5.3	39,750
		60,950 S./cuad.

COSTO DE MATERIALES

Peso total:	950 kg a 85 S./kg	S/. 80,750
clavos de 6" 1/2	kg a 20,000	10,000
		90,750

Costo total de instalación de 1 cuadro \$/ 151,700

Nota: no se incluye la madera para enrejado ni encribado que representa un parametro lineal y no unitario. El costo de esta madera es en promedio relativo del 22% del costo total.

ANALISIS DEL COSTO DE INSTALACION DE
PERNOS DE ROCA.

Unidad : c/u

Rendimiento : 20. pernos/8 horas.

factor : 0.4 hora/perno

costo de tareas : 1 perforista \$/ 24,000

1 ayudante 20,000

COSTO DE MANO DE OBRA

1 perforista 3000x0.40 1200

2 ayudantes 2500x0.40 2000

3200 \$/perno

COSTO DE MATERIALES

1 perno de fe. 1"de \emptyset x 5' \$/ 20,000

1 platina de 5"x5" y tuerca 7,000

1 capsula de resina epoxica 4,000

\$/perno 31,000

Costo total de instalacion \$/ 34,200

ANALISIS DE COSTO TOTAL DE INSTALACION
DE MALLA ELECTROSOLDADA.

Malla de alambre 4"x 4"x 5mm de Ø

Unidad : Metro cuadrado

Rendimiento : 40 M²/8 horas

factor : 0.2 hora/ M²

costo de tareas : Idem al anterior.

COSTO DE MANO DE OBRA.

1 perforista	3000x0.2	600 \$/M ²
2 ayudantes	2500x0.2	1000
		1,600 \$/M ²

COSTO DE MATERIALES

1M ² de malla electrs.	\$/ 50,000
4 grampas de fe. de 24"x 1/2" Ø	12,000
	62,000 \$/M ²

Costo total de instalacion de 1 M² \$/ 63,600

Nota: Respecto a los costos de materiales
esta incluido el transporte e impu-
estos a la venta.

COSTO TOTAL DE APLICACION DE SHOCRETE POR
CADA METRO CUBICO.

Metro cubico de mezcla aplicada

Unidad : M³

Rendimiento ; 5 M³/8 horas

factor 1.6 hora/M³

costos de tareas: 1 gunitero \$/32,000

1 maestro 24,000

1 ayudant. 20,000

COSTO DE MANO DE OBRA.

1 gunitero 4000x1.6 \$/ 6,400

1 maestro 3000x1.6 4,800

3 ayudant. 2500x1.6 12,000

23,200 \$/M³

COSTO DE MATERIALES.

1 M³ de arena en obra \$/ 25,000

8 bolsas de cemento

c/b a \$/ 25,000 200,000

Aditivo Durcrete 22 gal.

a \$/ 1200 gal 26,400

251,400 \$/M³

Costo total de aplicación de concreto rociado
por metro cubico \$/ 274,600

COSTO TOTAL DE INSTALACION DE ARCOS METALICOS.

Arco metálico para sección de 3.0m x 3.5m

Unidad ; c/u

Rendimiento 2 arcos/8 horas

factor 4 horas/arco.

costos de tarea : Idem. al anterior.

COSTO DE MANO DE OBRA.

1 maestro-Sold.	4000x4	\$/ 16,000
2 ayudantes	2500x4	20,000
		36,000 \$/arc.

COSTO DE MATERIALES.

1 Arco met. 5"x5"x30' Tipo I(fe) \$/ 2'100,000

(incluye pernos y tuercas)

Costo total de instalacion de arco metálico

\$/ 2'136,000

RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS DE ELEMENTOS
DE FORTIFICACION.

Instalacion de un cuadro de madera	\$/ 151,700
Instalacion de un perno de roca	34,200
Instalacion de un M ² de malla electrs.	63,600
Aplicacion de Shocrete por Metro cub.	274,600
Instalacion de un arco metálico.	2'136,000

En los respectivos costos analizados no se incluyen costos de propiedad por cuanto no es un proyecto específico siendo estos trabajos parte de un proyecto general donde se presentan problemas de sostenimiento entonces los costos de energía eléctrica y neumática no se consideran por ser bastante relativos y cuyos trabajos generalmente se efectúan adecuando horarios que no afecten a la explotación.

Respecto al costo de la aplicación de inyecciones de mortero el análisis es muy relativo por cuanto el consumo de materiales en metros cúbicos es bien variable por las relaciones volumétricas para cada caso así tenemos trabajos que solo utilizan agua y cemento otros agua, cemento, arena etc. Seguidamente damos un rendimiento obtenido en la práctica de 2 M^3 / 8 horas en longitudes de inyección de 45' y con morteros de agua/cemento igual a 0.4 y 0.5.

RESUMEN DE RENDIMIENTOS DE AVANCE EN
GALERIAS DE 3.0x3.5 MT.

Shocrete, pernos y malla (e 5")	2 mt/tarea
Cuadros de madera (enrejado)	1.5 mt/tarea
Arcos metálicos	1.5 mt/tarea

3.- FACTORES DETERMINANTES

Son varios los factores determinantes que llevan a obtener una eficiente calidad de obra y por lo tanto aseguran un trabajo de sostenimiento estos factores estan en función a los recursos humanos, recursos naturales y recursos mecánicos.

3.1.- MANO DE OBRA

Este factor es sumamente determinante para demostrar la efectividad y costo de la aplicación de los sistemas modernos de sostenimiento, es función directa de la habilidad y experiencia de los ejecutores la cual determina el control de calidad las cuales se rigen o se apoyan con bastante frecuencia a la ingeniería civil.

En cuanto a la operación de equipos debe haber para cada caso un maquinista además para el seguimiento de la obra debe haber una persona que conozca los materiales y sus respectivas propiedades el resto del personal es mano de obra simple.

3.2.- EQUIPOS Y SU MANTENIMIENTO

Respecto a los equipos y su respectivo mantenimiento también es un factor determinante por cuanto las máquinas que trabajan en estos sistemas son irremplazables en su función técnica tales como las bombas concretoras y bombas para líquidos el funcionamiento de estos equipos están relacionados a la energía eléctrica y energía neumática.

El mantenimiento de limpieza, lubricación, regulación etc. siempre deben hacerse después de cada aplicación respectiva por cuanto los cementantes se adhieren en el interior de los equipos y accesorios llevando a una erosión prematura estos equipos al igual que otras maquinarias están sujetos a mantenimientos preventivos y programados.

3.3.-MATERIALES Y SUS CUALIDADES

Los materiales primarios utilizados en estos sistemas de sostenimiento son los utilizados en un concreto normal así tenemos:

El CEMENTO.-Es un aglomerante hidráulico cuyos componentes son calizas, arcillas, aluminas, óxido de hierro, sílice etc, los cementos usados generalmente son del tipo Portland tipo I y tipo II.

AGREGADOS.- Constituido básicamente por arena y cantos rodados también se le conoce como hormigón una buena relación granulométrica debe tener 60% de gruesos y 40% de finos con una humedad que oscile entre 5% y 10%.

AGUA.- Es el elemento líquido agente especial para lograr diferentes diseños de mezcla en proporciones variadas. Este debe tener los siguientes límites permisibles:

Lim.max de cloratos	6000 ppm
Lim.max de sulfatos	1000 ppm

ADITIVOS.- Son sustancias quimicas que se presentan en 2 estados (solido y liquido) su funcion es generalmente de acelerador de fraguado e impermeabilizante entre los más conocidos tenemos:sales hidrosolubles de acidos fuertes,sales neutras,sales alcalinas de acidos debiles y sales basicas.

ELEMENTOS DE FIERRO.- tenemos en diferentes formas en varillas,en vigas y en forma de mallas su fabricacion se rigen por normas internacionales.

RESINAS.- A la fecha estos funcionan como morteros especiales que ayudan a sujetar los pernos de roca en el interior de un taladro su utilizacion es variable segun las necesidades estas resinas tienen como componentes principales a productos sinteticos(epiclorohidrin y bisfenol) y arena fina.

3.4.- DOSIFICACIONES Y CONDICIONES DE APLICACION

La dosificación o relaciones de materiales son variables para cada caso de aplicación siendo esta variación en un porcentaje mínimo. Las dosificaciones son promedios standar de acuerdo a las resistencias requeridas las cuales estan sustentadas en el reglamento de construcciones del Instituto Americano del Concreto A.C.I. 318 - 71.

Dosificación Volumetrica.- estas relaciones como lo indica su nombre se hacen en función a volúmenes y se cumple para el caso de:

cemento/agregados y aditivo/agua.

Dosificación por Peso.- estas relaciones se cumple para las relaciones de:

agua/cemento

En la práctica se toma número de litros de agua; por cuanto 1 kg de agua equivale a 1 lt de agua; por tener densidad de 1 gr/cc.

DISEÑOS DE MEZCLA.- estos diseños de mezcla se cumplen para todos los concretos expuestos, Los requisitos para el proporcionamiento de mezclas de concreto se basan en la idea que el reglamento tiene por objeto principal la seguridad pública y laboral. El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia de compresión lo suficientemente alta para el cual se toma un estandar de resistencias que se llaman RESISTENCIA ESPECIFICADA $f'c$.

entonces por razones operativas la resistencia promedio del concreto a trabajar debe siempre exceder el valor especificado de $f'c$. Los requisitos para la $f'c$ estan basadas en pruebas de cilindros fabricados y aprobados de acuerdo a los métodos de ASTM. El reglamento señala dos criterios para asegurar un concreto de suficiente calidad, uno consiste en especificar los requisitos de resistencia y el otro en limitar la relacion agua/cemento en determinadas circunstancias. Se ha comprobado que el concreto de alta resistencia requiere una baja relacion de agua/cemento. Se ha establecido tambien que el concreto con baja relacion agua/cemento y una cantidad suficiente de aire producira un concreto resistente a los daños producidos por congelacion y deshielo. En relaciones de agua/cemento inferiores a 0.40 las resistencias a obtener no siempre son viables en algunas obras ya que algunos concretos pueden resultar duros e immanejables.

Los metodos empleados por el ACI 214-65 para evaluar resultados de compresion determino un promedio de 35 kg/cm^2 sobre el $f'c$ para los concretos promedio de trabajo seguidamente transcribimos la tabla de tolerancias maximas en la relacion a/c.

TABLA DE TOLERANCIAS MAXIMAS EN LA RELACION
AGUA/CEMENTO - ACI 214-65

Resistenc. compresion Especific. f'c en kg/cm ²	Concreto sin aire incorporado		Concreto con aire incorporado	
	Relacion absoluta en peso	Litros x saco de cemento 50 kg	Relacion absoluta en peso	Litros x saco de cemento 50 kg.
175	0.65	32.4	0.54	27.0
210	0.58	29.3	0.46	23.0
245	0.51	25.7	0.40	20.0
280	0.44	22.2	0.35	17.5
315	0.38	19.1	0.30	15.0
350	0.31	15.5	-.--	---.

En la práctica la resistencia mínima recomendable de una mezcla es de f'c 210 kg/cm² y haciendo mediciones en referencia a la tabla de tolerancias se a calculado contenidos de cemento en:

mortero (cemento-arena) 400 kg/m³

concreto(cemento-arena) 340 kg/m³

Tomando para nuestro caso la bolsa de cemento con un peso de 42.5 kg podemos determinar a priori el numero de sacos de cemento por cada metro cubico de mezcla.

$$\begin{array}{l} \text{No de sacos de} \\ \text{cemento} \\ \text{por M}^3 \end{array} = 340/42.5 = 8$$

Seguidamente tomando la tabla de requisitos de la relacion agua/cemento y relacion agregado/cemento por durabilidad podemos obtener el volumen de agua.

TABLA DE REQUISITOS DE LA RELACION AGUA/CEMENTO
Y LA RELACION AGREGADO/CEMENTO POR DURABILIDAD

	Relacion a/c por peso (max.)	Relacion agre / cimento por peso(max.)
Concreto protegido no sometido a las condiciones abajo mencionadas	0.55	6.5
Concreto expuesto y sometido a mojarse y secarse ó heladas ocasionales	0.50	5.5
Concreto armado exp- uesto a atmósferas corrosivas o expues- tos al agua de mar	0.45	4.5
Concreto expuesto al agua de mar	Usar mezcla de resisten- cia mínima f'c 350 kg/m ²	
Concreto sometido al ataque de sulfatos	Usar concreto resistente y mezclas recomendadas por fabricas de cemento.	
Concreto sometido a helada heladas fuertes y a deshielos por apli- cacion de sal	Usar aditivo incorporan- te de aire y mezcla de resistencia mínima con f'c 245 kg/m ²	

DISEÑO DE MEZCLA PARA APLICACION DE SHOCRETE.

$$\text{relacion de } \frac{\text{agua}}{\text{cimento}} = 0.44 - 0.51$$

$$\text{relacion } \frac{\text{aditivo}}{\text{agua}} = 0.20 - 0.50$$

$$\text{relacion } \frac{\text{agregado}}{\text{cimento}} = 3.00-5.50$$

seguidamente damos las relaciones practicas de los materiales que intervienen en un 1 M³ de mezcla para aplicacion de shotcrete.

8 bolsas de cemento	42.5	340 kg
peso de agregado	340x5.5	1870 kg
volumen de aditivo + agua	42.5 x 0.51	22 gal.

Los volúmenes de agregados y aditivos tienen una ligera variación en el campo por razones de requerimiento técnico.

DISEÑO DE MEZCLA PARA INYECCIONES DE MORTERO

relacion $\frac{\text{cemento}}{\text{arena}} = 0.2 - 0.3$

relacion $\frac{\text{aditivo}}{\text{agua}} = 0.1 - 0.25$

relacion $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.6 - 0.8$

Los volúmenes tienen ciertas variaciones mínimas que siempre tienen que acondicionarse en el punto de trabajo.

4.- DESCRIPCION DE EQUIPOS

Los equipos que se utilizan en los dos sistemas modernos de sostenimiento basicamente radican en bombas generadas por energía neumática ó eléctrica pudiendo tambien trabajarse con un sistema mixto, para el caso del shocrete utilizaremos bombas concreteras y para el caso del sistema de inyecciones de cemento utilizaremos las bombas para liquidos densos.

4.1.- BOMBAS CONCRETERAS

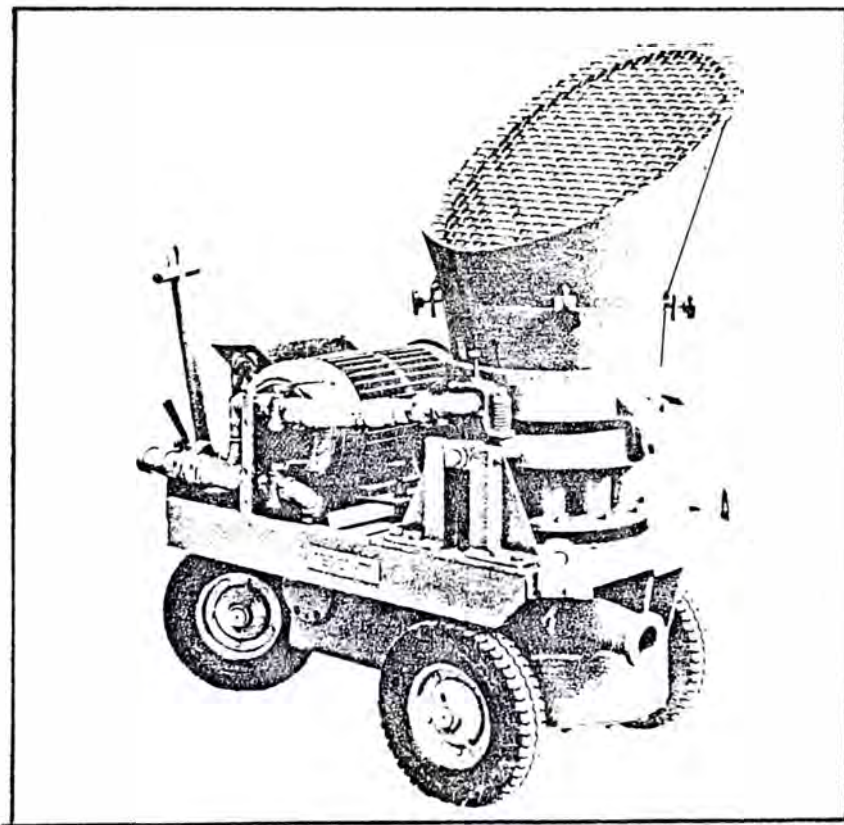
Asi lo estamos llamando a los equipos para aplicación de bombeo de solidos en la cual el concreto es bombeado en estado solido bajo el principio de impulsión de flujo diluido cuya clasificacion es como sigue:

- sistema de dos camaras
- sistema de tornillo de Arquimedes
- sistema de rotor.

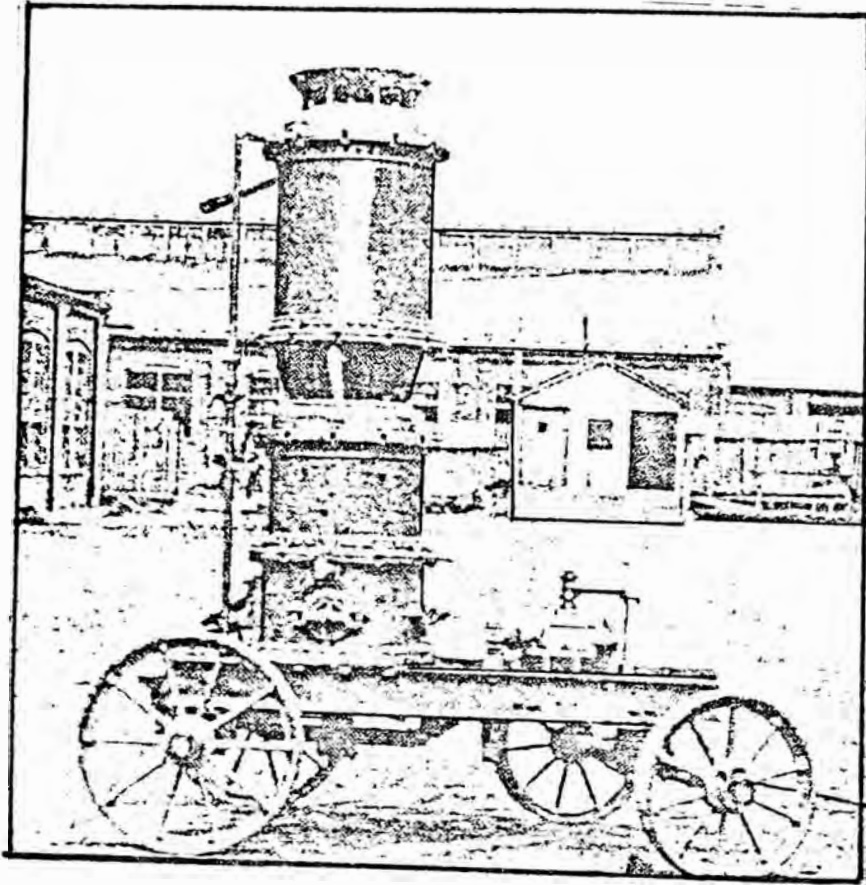
Sistema de dos camaras.- Se utilizo en los inicios de la técnica del shocrete consta de dos camaras superpuestas y unidas entre si desembocando en la camara inferior justo en el tubo de salida ó impulsión el empalme de dichas camaras es hermetico.

Sistema de Tornillo de Arquimedes.- Este sistema utiliza basicamente un TORNILLO de Arquimedes que gira en un tubo vertical y es accionada por un motor electrico ó neumático la mezcla en estado solido es levantada hasta el punto de salida en la tuberia.

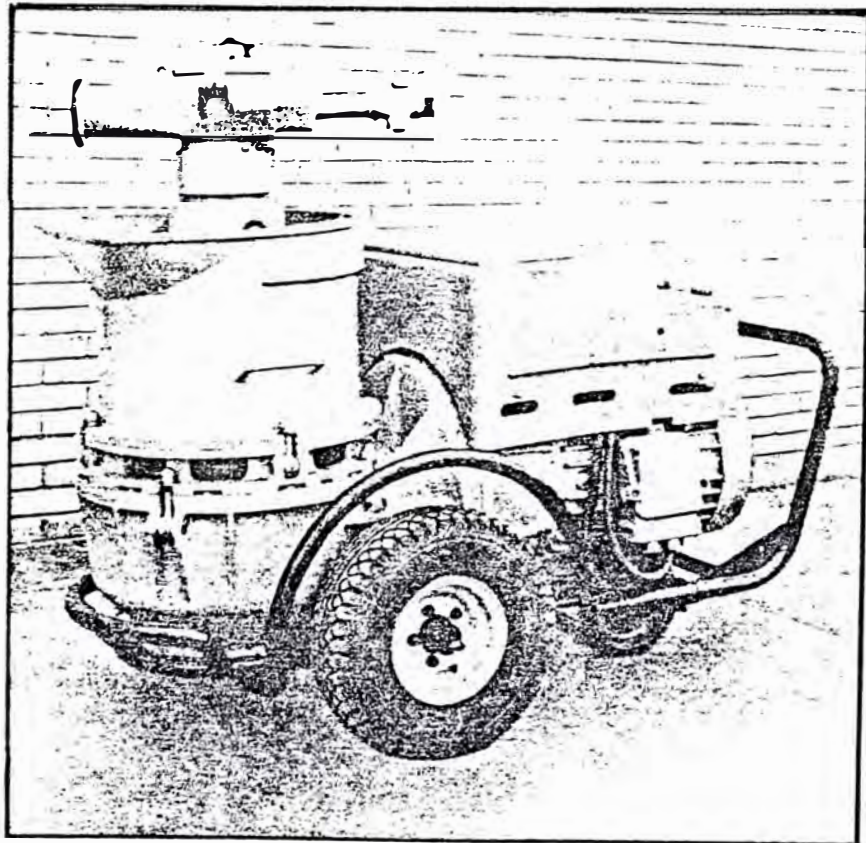
Sistema de Rotor.-Este sistema fue desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica después de la segunda guerra mundial posteriormente fue perfeccionada en Suiza. Su funcionamiento es como se narra. Se llena la tolva con mezcla preparada en estado sólido que luego se impulsa interiormente hacia el rotor (camara circular con orificios verticales) este rotor es accionado por energía eléctrica ó neumática esta cámara al rotar descarga la mezcla en el punto de salida en ese instante por medio de otro circuito se impulsa nuevamente la carga a través de la manguera de conducción de 2.5" de \varnothing . A la fecha esta máquina es la que ofrece mayor seguridad y rendimiento en la aplicación de shotcrete.



MAQUINA ALIVA : SISTEMA DE ROTOR.



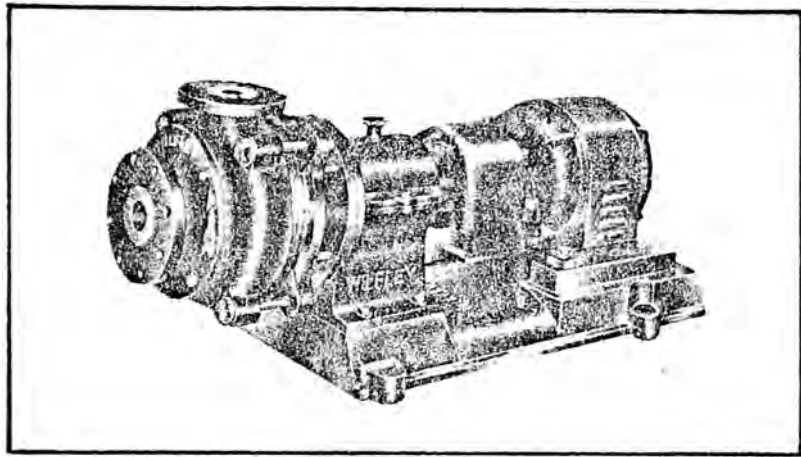
MAQUINA CEMENT-GUMT: SISTEMAS DE CAMARAS.



MAQUINA JUNIO · SIST. DE TORNILLOS.

4.2.-BOMBAS PARA LIQUIDOS

Las bombas utilizadas para inyecciones de mortero son las mismas bombas para impulsión de agua, salvo que tienen un revestimiento especial en las cámaras internas para proteger el desgaste prematuro originado por el paso del mortero.



BOMBA DE INYECCION.

Estas bombas se utilizan para la impulsión de morteros hasta un punto deseado el efecto que origina la impulsión es la inyección en espacios vacíos y fisuras, fallas existentes en un determinado maciso rocoso, las bombas utilizadas deben ser de acción doble ó triple según la altura y presión deseada a dichas bombas también se le conocen como recíprocas que son accionadas por energía eléctrica, cuando se requiere inyecciones a bajas presiones y alturas se utilizan bombas manuales y neumáticas.

4.3.-EQUIPOS NECESARIOS ACONDICIONADOS

Los equipos ó maquinarias generalmente por su diseño de fabricación y otros factores resultan ser estos equipos bien rigidos. En este item se hace explicación del acondicionamiento de equipos para así lograr una mejor operatividad en los sistemas modernos de sostenimiento.

Sistema del Shocrete los equipos acondicionados que tienen gran determinación en la calidad de la obra es el tanque purgador y el tanque dosificador.

TANQUE DOSIFICADOR.- Este tanque es un recipiente de planchas de fierro donde se hace el mezclado proporcional del agua y el aditivo este tanque controla y abastece la cantidad agua (incluido el aditivo) en el volumen de concreto que se esta aplicando, su aplicación a sido posterior al uso del acelerante en polvo el cual tenia ciertas deficiencias operativas.

TANQUE PURGADOR.- Este tanque es conocido en minería por sus características de eliminar agua y controlar pulsaciones de presiones de trabajo.

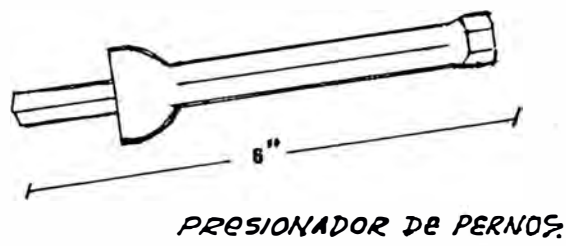
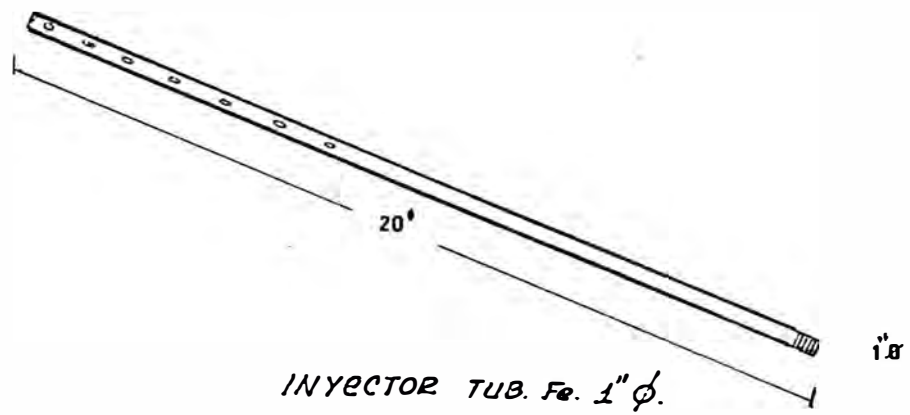
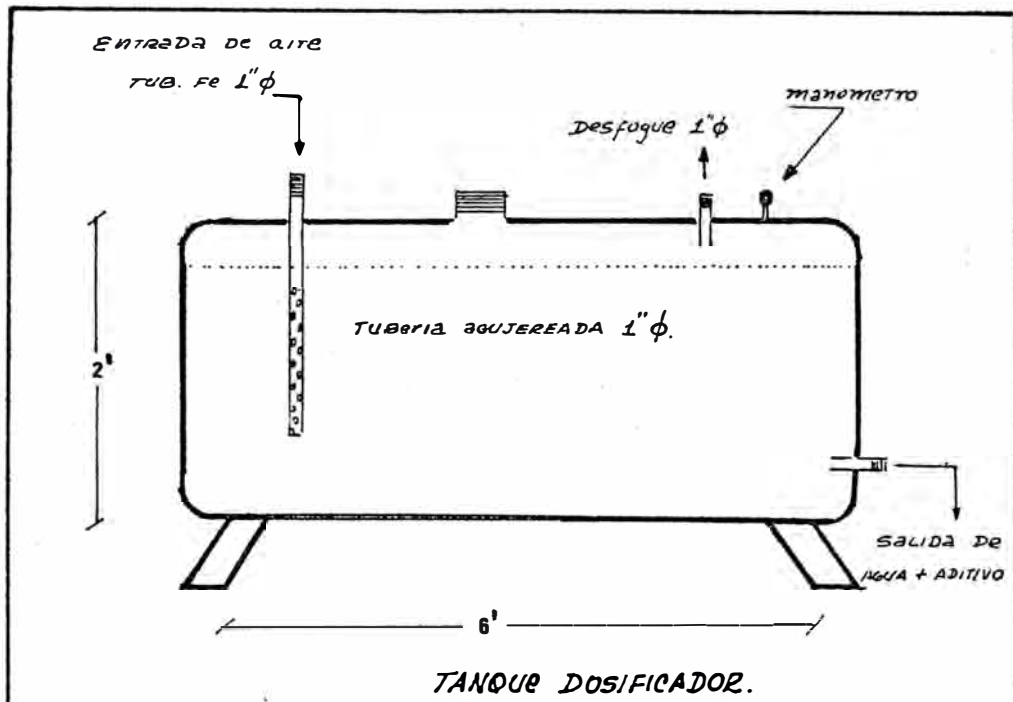
El proposito es tal que se evite el contacto del agua y la mezcla seca antes del transporte normal por cuanto este tanque hace que se elimine tiempos muertos en la limpieza extra de la bomba concretera y el circuito de conducción atravez de mangueras.

Sistema de Inyecciones de mortero.-En este sistema tambien se hace algunas adaptaciones y modificaciones de diseño de fabricación el cual resulta rigido, la incidencia es mayor por los costos de accesorios. Este sistema generalmente se trabaja con un equipo completo de perforación diamantina (perforadora estacionaria, bombas, inyector, obturadores etc) A la fecha se pueden hacer aplicaciones de inyecciones de mortero con herramientas convencionales que pueden tener alcances de 80' de longitud entre equipos utilizados ó acondicionados tenemos las perforadoras, inyector y agitadores.

Perforadoras.- Las perforadoras convencionales como jacleg y stoper se pueden utilizar facilmente acondicionando un adaptador para instalar los inyector es este adaptador es similar a los utilizados en la instalacion de pernos de roca.

Inyector.- Son tubos galvanizados ó tubo de fierro negro de 1" de \varnothing . Estos remplazan a los tubos especiales de 1.5" de \varnothing que tienen un solo punto de descarga mientras los inyector tienen orificios a lo largo del tubo para lograr una mayor descarga de mortero en los diferentes espacios a rellenar

Agitadores.- Estos son del tipo manual y mecánico en la practica han dado mejores resultados utilizando en forma mixta lograndose asi un abastecimiento continuo y homogéneo de la lechada de cemento.



EQUIPOS ACONDICIONADOS

5.- PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS

5.1.- SISTEMA DEL SHOCRETE.

El sistema del Shocrete es una técnica que utiliza concreto cuya mezcla es dosificada con cemento, agregados, agua y aditivos la utilización de pernos y mall de acero es flexible, La operación se inicia con un mezclado manual para luego pasar por el mezclado mécanico y así llegar a la tubería de impulsión en el cual será transportado por vía seca ó vía húmeda.

VIA SECA.- El transporte se hace mediante un flujo diluido donde la mezcla debe tener una humedad del 5% en promedio para así tener un flujo sin interferencias a través de la manguera de conducción de 2.5" de \varnothing en la que va como un material flotante, el mezclado con el agua se hace en el tramo final de la manguera en los últimos 80 cm.

VIA HUMEDA.- El transporte es por flujo de aire mediante tapones con cojines alternados de aire el mezclado con agua es al inicio del transporte.

El más eficiente entre estos transportes es el de vía seca que en la práctica ha logrado resultados como se indica:

- distancias horizontales hasta 300 mt.
- distancias verticales hasta 60 mt.

El shocrete tiene afinidad con las normas de construcción civil cuya relación con el concreto normal

tiene una variación del +10% por la forma de aplicación que en el caso del shotcrete hay un efecto neumático.

PROPIEDADES TECNICAS.- Son varias las propiedades técnicas que definen al concreto rociado.

LA ADHERENCIA.- Por la práctica se puede ver que la adherencia es múltiple como en rocas insitu, tierra compactada, mampostería, concreto rugoso, madera, fierro, material aislante etc. La naturaleza del soporte tiene una principal importancia para la adherencia lo cual se garantiza por un fenómeno mecánico. Durante las primeras fracciones de segundo el impacto sobre la superficie de aplicación origina que se forme una capa delgada compuesta mas finos de la mezcla esta capa sirve como sosten para los otros granos que se adhieren en forma creciente así mismo penetran en todos los poros e irregularidades lograndose una adherencia macroscópica e íntima llegando a formarse un solo elemento volumétrico y por nivelación de superficies se logra un autoapoye, en superficies planas es más difícil la adherencia.

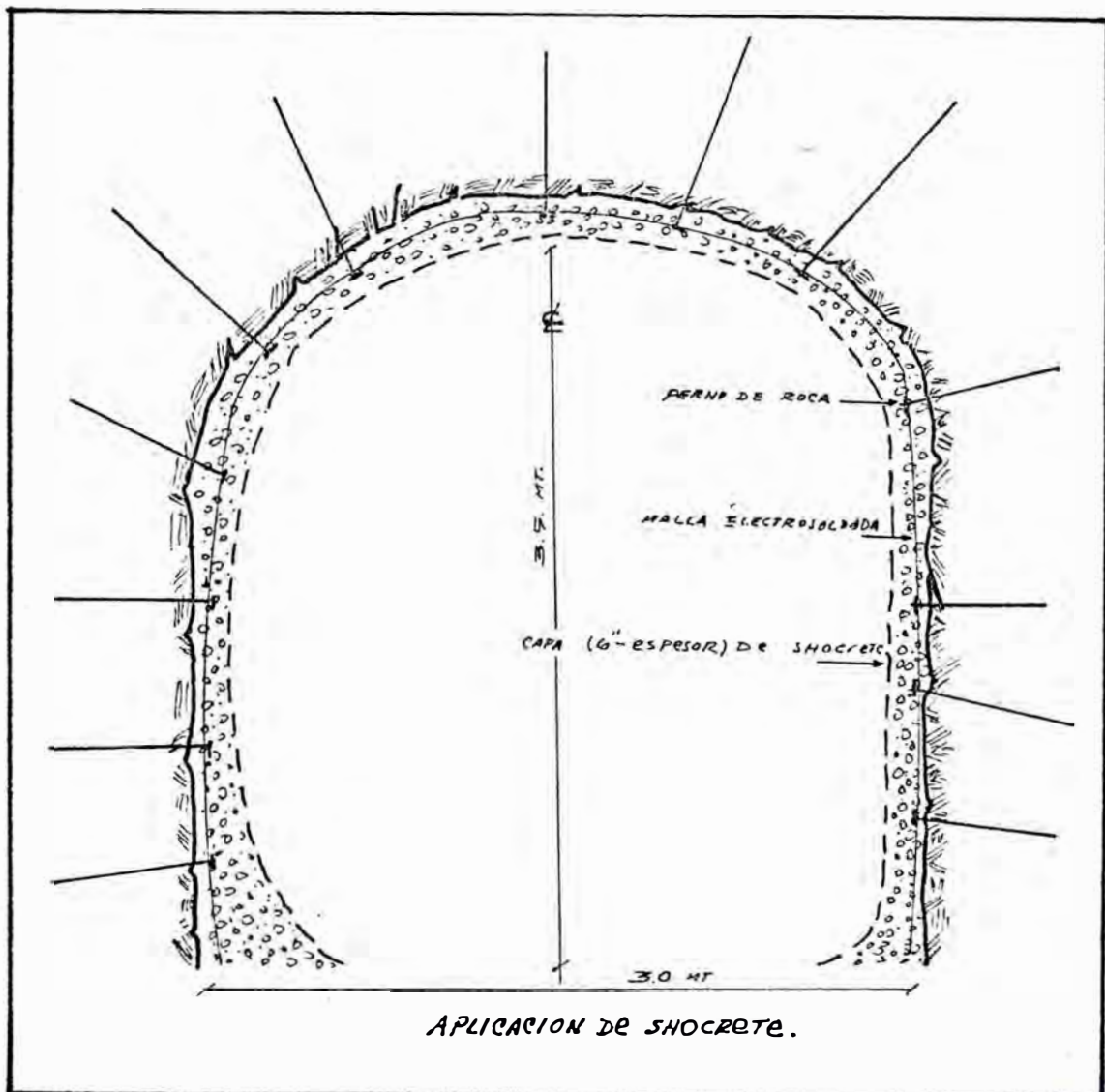
El REBOTE.- El material que cae luego del impacto neumático se llama rebote cuyo rango óptimo debe estar entre el 12%- 15% del volumen del material mezclado que incluye piedras hasta de 0.5" de ϕ .

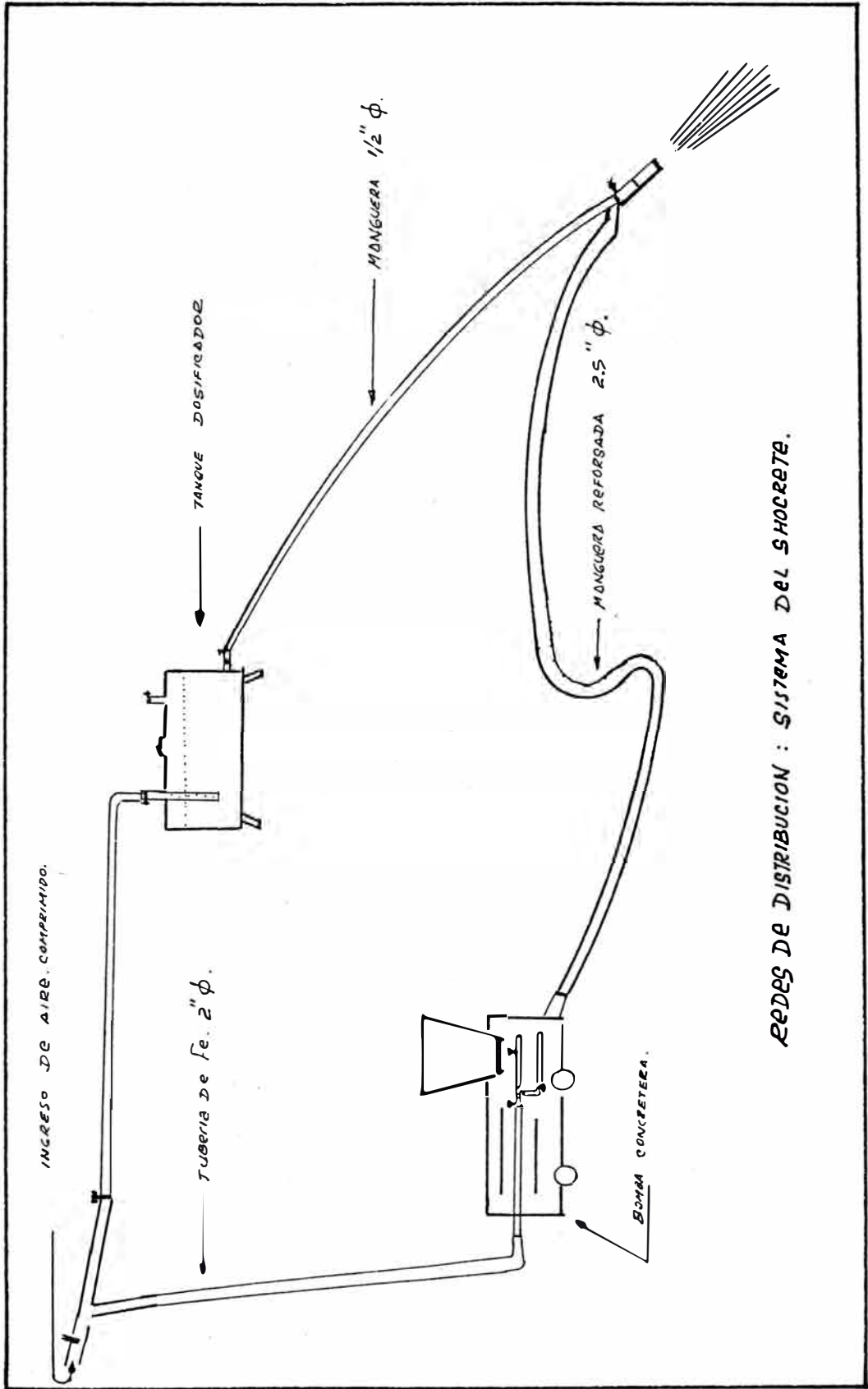
CURADO.- Es el mantenimiento de la reacción química para llegar al máximo de la resistencia deseada a los 28 días, el curado con agua debe ser en forma permanente durante los primeros 7 días.

IMPERMEABILIZACION.- La aplicacion del shocrete debe hacerse siempre en zonas no expuestas a chorros de agua los que hay que canalizar previamente.

OPERACION TECNICA.- Esta se relaciona directamente con los parámetros de trabajo en el campo.

Presion de salida-aire	(80 - 90)	psi
Consumo de aire: electrico	280	cfm
	neumático	410 cfm
velocidad de salida	100	m/s
presion de salida-agua	(85 -95)	psi.





REDES DE DISTRIBUCION : SISTEMA DEL SHOCRETE.

5.2.- SISTEMA DE INYECCIONES DE MORTERO

El sistema en mención también utiliza el concreto como elemento fundamental de la técnica, la dosificación del concreto lleva diferentes relaciones volumétricas de:

cemento-agua

cemento-arena-agua

cemento-arena -bentonita-agua....etc.

Como se menciona anteriormente este sistema se divide en 2 clases de inyecciones de cemento (inyecciones de contacto e inyecciones de consolidación)

INYECCIONES DE CONTACTO.- generalmente se utiliza para lograr una interacción entre 2 elementos que pueden ser roca-concreto, roca-ducto metálico etc. Los cuales están sujetos a presiones y tienen a la vez un rango de luz o fisura comprendido entre: 0.05 cm a 50 cm. Dicha luz se rellena con un mortero respectivo cuya presión de inyección es variable.

INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN.- El uso de estas inyecciones es para el reforzamiento de macisos rocosos con grandes problemas de inestabilidad cuyo radio afecto es de 0.5mt a 200mt. Su aplicación es similar a las inyecciones de contacto como se puede apreciar el uso de ambas inyecciones es múltiple que únicamente las diferencia las dosificaciones o diseño de mezcla y las longitudes de aplicación.

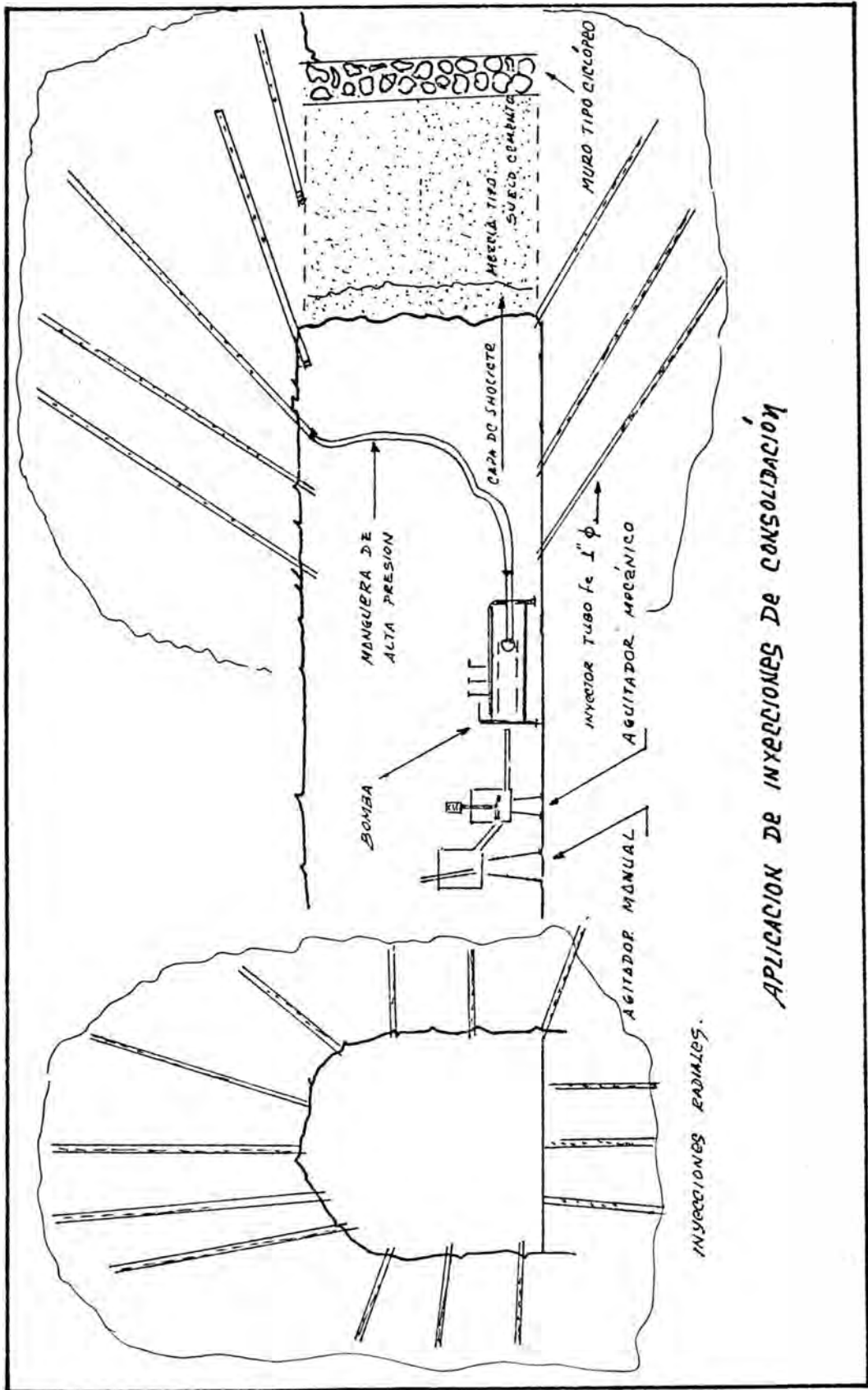
PROPIEDADES TECNICAS.- las propiedades con mayor determinacion se resume a continuación.

VISCOCIDAD.- Este fenómeno esta definido por el grado de frotamiento entre moléculas para nuestro caso las moléculas del concreto tienen que tener el mínimo frotamiento para lograr una inyección eficaz por cuanto tenemos factores limitantes como el diametro reducido de las tuberias de conducción, presión de trabajo y circunstancias del terreno o macizo rocoso en tratamiento. Tal es el caso que las relaciones de agua- cemento deben ser superiores a 0,5 por razones prácticas.

PENETRABILIDAD.- Es el efecto de lograr introducir la lechada de cemento a travez de los poros y fisuras de un terreno no competente tal es el caso del uso de la bentonita que logra aumentar el volumen de la mezcla manteniendo al cemento en suspension.

OPERACION TECNICA.- Una operacion técnica optima esta en relación a las alturas de trabajo deseadas capacidad de bombeo y diseño de mezclas.

Respecto al uso de las bombas estas pueden ser diesel ó eléctricas de un caballaje maximo de 20 HP con caja de cambios minimo de tres velocidades, con presiones de salida entre 100psi y 800 psi y caudales de 5gpm a 20 gpm.



APLICACION DE INYECCIONES DE CONSOLIDACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
OFICINA CENTRAL DE B. I. Y T. P.
UNIDAD DE PROCESOS TECNICOS

5.3.-SISTEMAS CONVENCIONALES

Los sistemas convencionales en sostenimiento utilizan dos elementos en su técnica respectiva.

La madera y el fierro en forma de pernos y arcos metálicos en el caso de los cuadros de madera y el arco metálico se sigue utilizando como soporte más no como refuerzo ó autosostenimiento.

PROPIEDADES TECNICAS.- En este item daremos las proiedades en forma general para la madera,y element-
os de fierro(arco metalico y pernos)

La madera posée mediana resistencia mecánica,es traabajable,afecto a putrefaccion a mediano plazo,requi
ere mantenimiento o cambio variable.

Elementos de fierro son materiales de gran resisten
cia mecánica,afectos a oxidación,menos manejable en
el caso de arcos m^etálicos,su mantenimiento es baja
frecuencia. Entre los otros factores condicionados
esta la mano de obra la cual es completamente manu
al para la instalacion de cuadros de maders,arcos
metálicos y pernos.

6.- OPERACION BASICA

Antes de entrar a las recomendaciones operativas en los sistemas modernos de sostenimiento mencionamos la aplicación en minas peruanas. Así mismo por consenso minero informo que el 60% de compañías de mediana minaría tienen bombas concreteras que a la fecha no le dan uso permanente por falta de personal capacitado. Seguidamente relatamos algunos trabajos efectuados por el autor.

CIA MILPO.- Reforzamiento de la nueva cámara de winches en interior mina, zona que se encuentra en un cruce de fallas cuya área de influencia horizontal afecto en el techo en 385 M². El tratamiento de las técnicas fueron: Aplicación de shocrete, instalación de pernos de anclaje, emmallado e inyecciones de mortero del tipo longitudinal.

Reforzamiento de galerías con shocrete, pernos y malla en los niveles -100 y -200 de las zonas II, III respectivamente.

CIA CENTROMIN PERU.- Reforzamiento mixto en el túnel chinchán en la unidad minera de Casapalca en este túnel se hizo sostenimiento con cuadros de madera, malla pernos y shocrete siendo este parte de un proyecto hidráulico.

CIA ALTIPLANO,- Sostenimiento en tajeos con pernos, en galería principal se reforzó zona de cuadros de madera con malla, pernos y shocrete, La sección de la galería es de 4.5m x 6.0m zona en la cual los cuadros se remplazaron totalmente.

CIA SIMSA.- Impermeabilización de goteras continuas en un tramo de 420 mt a lo largo del túnel Uncush siendo este una vía de extracción de mineral.

En el túnel Monobamba de 4.5 km de largo, en un sector de este se presentaron grandes problemas de sostenimiento entre las progresivas +28 y +69. En este tramo el derrumbe fue crítico con deslizamiento de un talud superficial 2580 M² el cual afectó el interior del túnel colapsando en forma integral a 120 m. antes del túnel de descarga. El sostenimiento respectivo se hizo con inyecciones mixtas, pernos mallas y aplicación de shocrete, quedando dicho túnel operativo que a la fecha tiene fines hidro-energéticos.

6.1.- RECOMENDACIONES OPERATIVAS.

RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA DEL SHOCRETE.- Este sistema tiene aplicación temporal y definitiva, según el caso se da el tratamiento de la técnica, Las recomendaciones que a continuación se dan; parte cuando ya se encuentran los materiales en obra.

Limpieza de la Zona de trabajo.-Esta limpieza se refiere a la superficie de aplicacion dicha limpieza se hace con chorros de agua o chorros de arena a presion neumática logrando asi una superficie apta para el trabajo esta operación debe ser infalible por cuanto las primeras capas de shotcrete definen la adherencia de la mezcla.

Pruebas de Presión.- Consiste en hacer las pruebas iniciales de salida del agua y aire en vacio, seguidamente se hace el pulverizado para ver la homogeneidad del chorro de impacto, Asi mismo se chequean valvulas, manómetros y accesorios etc.

Un trabajo simultaneo que se va haciendo es la preparación de la mezcla en seco este mezclado debe ser en un tiempo prudencial que no sobrepase 1.5 horas para asi tener carga y lograr un abastecimiento normal la relación de materiales en la práctica es volumetrica para todos los casos.

Una vez concluido el item anterior se prosigue asi:

- Llenado de tolva con mezcla $3/4$ partes
- abrir valvulas de ingreso de aire y distribuciones respectivas.

El gunitador da las señales y se arranca motor el cual proporciona mezcla a la cámara inferior y luego esta mezcla es impulsada a la manguera de salida 2.5" de \emptyset .-El gunitador regulara las presiones de agua y

aire teniendo así el chorro ídel de impacto sobre la superficie en tratamiento.

-La aplicación debe ser perpendicular a la superficie separada por una distancia de 4' a 5' el sentido del rociado se hace de la parte inferior izquierda hacia la derecha elevación superior.

El cambio de estación del gunitador debe ser tal que el intercambio se haga cada 5 minutos entre zonas de aplicación de 24 M.²

El operador de la máquina controlará en forma simultánea los manómetros, válvulas y abastecimiento de mezcla a la tolva este personaje es el que vela la seguridad de todo el personal por cuanto tiene los puntos de arranque o parada en casos cualquier; Después de acabada la mezcla se procede a un soplado de aire por espacio de unos 4 minutos para asegurar que el interior de la manguera y máquina estén limpios en esta operación debe cerrarse el abastecimiento de agua y aditivo.

Posteriormente hay que proceder al curado por espacio de 7 días consecutivos con chorros de agua quedando concluida la obra con su respectivo control de calidad.

RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA DE INYECCIONES DE MORTERO.-La aplicación de las inyecciones de mortero para ambos casos se debe contar con las herramientas y materiales en obra. Así mismo para iniciar dichas inyecciones ya se debe contar con la perforación en cantidades, longitudes y ubicaciones.

Puesta de Inyectores.- Se coloca dicha herramienta en los taladros preparados, su colocación es manual y mecánica ayudado por los presionadores.

Empalme del circuito.- Se procede a empalmar inyectores, mangueras de alta presión, tuberías anexas y demás accesorios de trabajo.

Pruebas de Vacío.- Se procede a las pruebas de bombeo con agua sola para poder observar manómetros, todas las válvulas y fugas posibles.

Envío de carga.- Primero se procede a preparar mezcla en el siguiente orden manual y mecánico con sus agitadores respectivos, luego se abren las válvulas de acceso a la bomba con el arranque del motor en paralelo lográndose así el bombeo e inyección respectivos, se continúa hasta notar en el manómetro un incremento de presión la cual está indicando la saturación de fallas o fisuras en el maciso rocoso, se hacen constantes observaciones para lo

grar un eficiente trabajo ,cuando se note un estancamiento de carga y vibración del circuito es un aviso que ya se esta logrando el máximo de saturación de carga y posteriormente se procede a sellar los taladros respectivos.

Antes de parar el motor hay que acabar con toda la mezcla luego cambiar por agua sola para proceder la limpieza del circuito y maquina de bombeo.

OTRAS RECOMENDACIONES.-

Los materiales de trabajo siempre deben estar protegidos por cuanto sus propiedades se alteran por agentes externos.

La ejecucion de trabajos debe contar con la supervision constante por dos aspectos fundamentales : La calidad de la obra terminada y la seguridad del personal por cuanto se trabaja con chorros de mezcla impulsados por energía neumática.

Los tiempos de mezclado deben ser permisibles en el siguiente rango: Shocrete-1.5h,inyecciones 10'.

Evitar todas las fugas existentes para controlar el volumen de polvos de cemento el cual es dañino para los pulmones,asi mismo siempre debe trabajarse con guantes y anteojos de protección.

Los agregados con contenidos altos de arcilla 30% son capaces de disminuir la resistencia del concreto en estos casos hay que lavarlos previamente.

6.2.- NORMAS ESTANDART A.S.T.M.-A.C.I-D.I.N.

Las normas estandart en mencion refieren a los parametros cualitativos y cuantitativos establecidos internacionalmente para el control de calidad de los productos fabricados y/o aplicados para las diferentes industrias en esta caso tomaremos las normas que rigen a la construccion civil y productos afines se esta haciendo mencion de estas normas de trabajo por cuanto el sistema del shocrete y el sistema de inyecciones de mortero utilizan siempre concreto como elemento principal.

NORMAS INTERNACIONALES.- Estas normas fueron creadas en diferentes paises y casi la totalidad de estas rigen parcialmente asi tenemos:

Las normas internacionales como ASTM,ACI,DIN,NFPA, SAE,ISO,API,AASHTO,ITINTEC etc.

Todas estas normas se codifican por titulos,subtitulos los cuales para cada norma formula requisitos especificos.

EL ITINTEC.- Este instituto técnico en el Perú controla y da vigencia a las normas técnicas para la industria peruana en general.A la fecha estas normas se estan confeccionando y recopilando para luego estandarizarlos.

Seguidamente resumimos tres normas internacionales.

NORMAS INTERNACIONALES A.S.T.M.

ASTM: Estandar Americano de Testigo de Materiales

ASTM C 150 01 Estudio de compuestos quimicos

ASTM C 231 62 Mediciones del contenido de aire

ASTM C 142 66 Asentamiento de concretos.

ASTM A 615 Variedades de mallas de alambre.

ASTM C 039-61 Ensayos a la compresion.-se hace en muestras de cilindros de 6"xl2" cuyas muestras deben mantenerse humedadas y a temperatura constante hasta el dia de la prueba..

ASTM C 150-63 Tipos de cemento.- Se considera para los diferentes concretos de cemento porthland.

ASTM C 187-58 Fraguado.- El termino fraguado refiere al cambio del estado fluido al estado solido, manteniendo la reaccion quimica del agua y cemento para lograr una consistencia normal-vicat.

ASTM C 136-G3 Agregados.- Este material debe ser de la misma procedencia y regido asi:

granulometria ASTM C029-60

peso unitario ASTM C128-59

humedad del 12% ASTM C128-61

ASTM Shocrete.- Usese cemento tipos I,II.

NORMAS INTERNACIONALES A.C.I

A.C.I American Concrete Institute.

- ACI E 704-4 Control de calidad del concreto
- ACI 318-71 Requisito del reglamento de las construcciones de concreto reforzado.
- ACI 214-65 Practica recomendada para la evaluacion de resultados de resistencia del concreto en el campo. (tec. estadistica)
- ACI 211.170 Recomendación para seleccionar proporciones de concreto de peso normal.
- ACI 211-70 Reglamento de dosificación de mezclas.
- ACI 301-72 Agua.- el agua para trabajar en la dosificacion debe ser clara y libre..
- ACI 318-56 Este comite formula losrequisitos minimos de un concreto.Entre ellas:
- Baja resistencia con a/c 0.80
 - Mediana resisten.con a/c 0.62
 - Alta resistencia con a/c 0.48

ALGUNAS NORMAS PERUANAS ITINTEC

- 400.002 68 Materiales de construccion
- 400.003 79 Modulos de construccion civil
- 400.012 76 Analisis de agregados.

NORMAS INTERNACIONALES D.I.N.

DIN Deutsches Institute für Normung ev.

DIN 7500 UD 693.5.- Normas de construcción civil.

DIN 1164 .-Cementos.- Las normas alemanas clasi
fican en una forma distintas a la
ASTM, Los cementos están definidos
por su resistencia en: 225, 325, 425
la primera es normal las dos últi-
mas son supercementos.

DIN 1059 Concretos.- La resistencia está da-
da en kg/cm^2 a 28 días con el curado
de un día libre y el resto en agua.

DIN 51223 12.77 Compresión.- En probetas prismati-
cas de $4 \times 4 \times 16 \text{cm}$ con ensayos a flexo-
tracción, media parte es probado a
rotura por compresión.

DIN 66111 11.73 Análisis y sedimentación.

DIN 53803 06.84 Dosificación y estadísticas.

DIN 0285 DK534 Agregados.- granulometría, propieda-
des de trabajo.

DIN 488 T4-T3 Estructura y composición del concre-
to armado.

DIN 18551 1974 Diseño de mezcla.- En relación 3/1
350 kilos de cemento
1000 litros de agua
12% de humedad natural.

DIN 188551 -74 Relaciones del shocrete/concretos.

6,3.- CONCLUSIONES GENERALES

Respecto a la bondad de la técnica en estudio esta es limitada para ambos casos de operación.

A la fecha no hay parámetros específicos, siendo la vigencia parcial en cuanto a las normas internacionales del shotcrete.

La mecánica de rocas.- respecto a esta ciencia de be hacerse una disciplina a los problemas prácticos, por cuanto las ecuaciones matemáticas son muy abstractas. para ello sería más conveniente confeccionar mapas geotécnicos en los cuales se identifiquen con parámetros los tipos de terrenos y con una distribución espacial y superposición de zonas se podría optar por un sostenimiento eficaz.

En los sistemas del shotcrete é inyecciones de mortero la resistencia se define por las relaciones agua/cemento y adherencia en el concreto rociado. La aplicación es múltiple en ambos casos y se podría lograr mejores resultados con investigación adicional y práctica simultánea

En referencia a los sistemas convencionales de sostenimiento en el caso de la madera y arcos metálicos no ofrece buenos resultados en minería sin ri el cual se descartan su aplicación.

Importancia del curado.- es muy significativa por sus cualidades inherentes a la reacción química entre el agua y el cemento.

- ^ aumenta la resistencia a la compresión
- aumenta la resistencia al desgaste
- aumenta la impermeabilidad
- aumenta la durabilidad
- disminuye el agrietamiento

Seguidamente damos algunas consideraciones muy importantes referente a la forma más adecuada de las excavaciones en galerías.

Galería abovedadas.- su diseño debe hacerse cuando se aprecien grandes presiones en el techo.

Galería rectangular.-Su diseño se adapta en macisos rocosos de presión media en el techo.

Galería circular el diseño en mención se adapta en terrenos con presencia de presiones laterales.

Los diseños mencionados se indican por cuanto las sobre excavaciones tienen gran incidencia económica y muchas veces estas sobre excavaciones o no adecuadas excavaciones obligan a efectuar alguna forma de sostenimiento. Originando elevación de costos de minado é interferencias en las actividades cotidianas de explotación.

El sostenimiento con pernos tambien a dado buenos resultados teniendo limitaciones en caso de rocas bastantes fracturadas y terrenos movedisos. Una seleccion práctica de pernos respecto a su longitud es igual a $2 D/3$, siendo D el diametro de la galeria problema. En tajeos su utilizacion varia.

Tener bastante cuidado con las recomendaciones de curado de concretos, almacenamiento de agregados, limpieza de equipos, seguridad, normas de uso de materiales, temperaturas adecuadas, ensayos, etc.

Despues de haber ejecutado obras con aplicacion de los sistemas de sostenimiento en estudio concluyo que tienen una eficiencia del 85 % en cuanto refiere a resistencia y durabilidad de las obras que presentaron grandes problemas de autosostenimiento y fortificacion con otros sistemas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

*ANEXO ADICIONAL DE TESIS
COSTOS UNITARIOS Y TERMINOLOGIA
ACTUALIZADA*

TESIS:

*SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO EN
MINAS Y OBRAS CIVILES*

*PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE MINAS*

PEDRO ROY RODRIGUEZ VALLE.

LIMA - PERU

1985

ANEXO I.- COSTOS UNITARIOS

El siguiente anexo se esta adicionando en la presente tesis para darle mayor claridad a los costos unitarios los cuales estan actualizados con apoyo de otros parametros, los cuales nos conduciran a costos totales que generalmente es asi como se trabaja en Ingenieria Civil para las respectivas valorizaciones o pagos por trabajos efectuados.

Para el siguiente analisis tomaremos todos los elementos que se han utilizado en la fortificación de la sala de winches en interior mina nivel 300 propiedad de la compañía minera Volcan S.A.

Asi mismo informo que los precios, factores técnicos y condiciones de minado han sido variados como posteriormente se podra ver los costos de elementos de fortificacion se estan dividiendo en elementos instalados a todo costo y otros elementos a costo parcial.

Los elementos a todo costo incluyen mano de obra y materiales puesto en obra, los costos parciales solo incluyen mano de obra.

COSTOS UNITARIOS ACTUALIZADOS

ELEMENTOS DE FORTIFICACION	UNIDAD	COSTO UNITARIO
001 Aplicación de concreto rociado 6" (e)	M ²	\$ 101,000
002 Aplicación de concreto rociado 4" (e)	M ²	75,000
003 Instalación ó inyección de pernos de Fe de 5'	c/u	259,000
004 Instalación ó inyección de pernos de Fe de 8'	c/u	345,000
005 Instalación de lementos de drenaje	c/u	270,000
006 Instalación de malla electrosoldada 4"x4"x1/8"	c/u	72,000

Los Costos unitarios estan sujetos a reajuste en sus precios por cuanto tienen indices de reajuste unificados originados por la camara peruana de construcción los cuales dan vigencia a los trabajos de Ingeniería Civil.

Consideraciones pertinentes al cuadro anterior:

Aplicación de Shotcrete.- La unidad respectiva esta en metros cuadrados (M^2) y no en metros cubicos.

el espesor del cemento rociado en techos es de 6" en promedio mientras que en paredes el espesor promedio es de 4".

Pernos de Fierro.- La instalacion de estos elementos incluye la perforacion, instalacion e inyección de mortero en su costo esta incluido el precio de la resina epoxica como anclaje puntual.

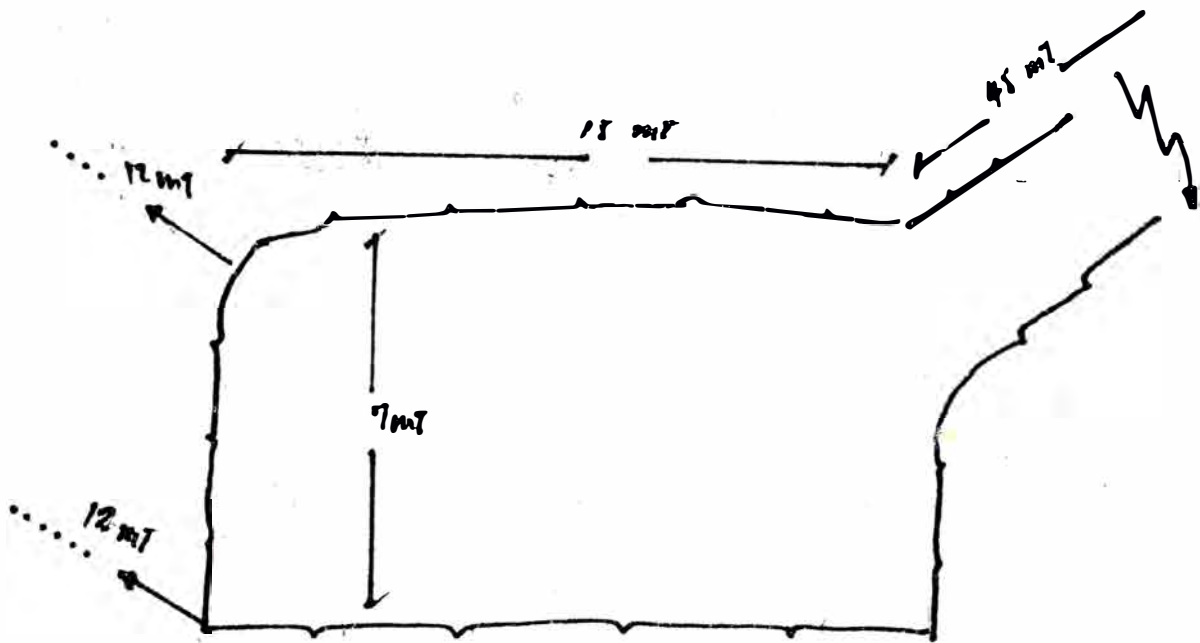
La malla electrosoldada.- Su costo unitario es por metros cuadrados y esta incluido el precio de las grampas de fierro corrugado.

La malla de esparnado se a considerado :

Boveda y paredes de 1.5 mt de longitud
galeria inclinada de 2.0 mt de longitud.

Elementos de fortificacion a todo costo se esta considerando la instalación de pernos, malla electrosoldada y drenajes.

La aplicacion de Shotcrete a sido considerado como costo parcial por cuanto el cemento y arena a sido puesto en obra por parte de la compañia Volcan S.A.



CALCULO DE METRADOS

Camara de Winches : $A_t = 180 \text{ M}^2$, 60 pernos de 8"
 $2 \text{ AP} = 210 \text{ M}^2$, 56 pernos de 5"
 $2 \text{ AP} = 168 \text{ M}^2$, 80 pernos de 5"

Galeria inclinada : $r = 1.7 \text{ mt}$
 $L = 45 \text{ mt}$
 $A_i = 480 \text{ M}^2$, 90 pernos de 5"

La aplicación de shotcrete y enmallado se hizo cubriendo toda la superficie de la camara de winches y la respectiva galeria inclinada.

COSTOS TOTALES DE FORTIFICACION

ELEMENTOS DE FORTIFICACION	UNIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL (ELEM.FORT)
Aplicación de Shotcrete 6"	186	101,000	18'180,000
Aplicacion de shotcrete 4"	858	75,000	64'350,000
Instalacion de pernos de 5'	226	259,000	58'534,000
Instalacion de pernos de 8'	60	345,000	20'700,000
Colocación de malla elects.	1038	72,000	74'736,000
Elementos de drenaje	28	270,000	7'560,000
		total	244'060,000
Costo de supervision	12%		29'287,200
gastos administrativos	10%		24'406,000
Utilidad de ejecutores	15%		36'609,000
Costo parcial de fortificacion			334'362,200
Costo adicional de cemento	1060	60,032	60'032,000
Costo adicional de arena	125	53,600	6'700,000
COSTO TOTAL DE FORTIFICACION			\$ 401'094,200
			\$ 28,649.571

01

Consideraciones al cuadro anterior :

Respecto a la cubicación de arena y cemento

Arena: Shotcrete de 6"	180 M ² x 0.15 mt	27 M ³
shotcrete de 4"	858 M ² x 0,10 mt	85 M ³

A este volumen total de 112 M tenemos que adicionarle un 12% para compensar las perdidas por rebote y transporte de material logrando así.

$$112 \times 0.12 = 13 \text{ M}^3$$

El total de arena consumida sera de 125 M³

Cemento: El consumo segun las relaciones especificadas segun nuestra tesis es de 8 bolsas de cemento por cada metro cubico de arena entonces:

$$125 \times 8 = 1000 \text{ bolsas de cemento}$$

En los costos totales de fortificación no se a considerado el consumo de aire comprimido la cual fue proporcionada por la compañía Volcan, así mismo no se considero el costo del alquiler de la bomba concretera por ser de propiedad de Cia minera volcan.

ANEXO II.- TERMINOLOGIA ACTUALIZADA

El presente anexo se esta presentando para generalizar la terminología técnica de la tesis presentada.

SHOTCRETE.- El termino Shotcrete lo estamos utilizando por ser el más aceptado en la minería peruana, Su traducción técnica del inglés seria CEMENTO ROCIADO el cuál es impactada o pegada en una superficie rocosa por medio de una propulsión neumática.

Sus componentes son arena gruesa (1/2"), cemento, agua, acelerantes.

GUNITA.- Es un mortero rociado se diferencia del shotcrete por la granulometría de la arena siendo esta más fina teniendo como grano máximo partículas de 8 mm de ϕ .

MORTERO.- Mezclas de arena ,agua y cemento en dosificaciones y aplicaciones especiales.

RESINAS.- Son morteros especiales cuyo componente principal es un elemento sintético llamado epíclorohidrina.

TRACKLES.- Minería moderna con métodos de explotación masiva en la que el transporte y gurguio es generalmente sobre neumáticos.

ESTABILIDAD.- Es un estado de equilibrio de fuerzas mecánicas con la que se logra una constante permanencia de un maciso rocoso pudiendo ser esta estabilidad natural ó artificial.

REFUERZO.- Es un conjunto de elementos que normalizan el arco natural de la roca y limitan la prolongación de la deformacion tenemos como ejemplo clasico los pernos de fierro.

SOPORTE.- Es un conjunto de elementos que absorven las presiones en el perimetro del arco natural no limitan las deformaciones ejemplo clasico los cuadros de madera.

GEOTECNIA.- Ciencia que estudia los factores técnicos físicos y mecánicos de la tierra.

GEOGNOSIA.- Ciencia que estudia la estructura y composición de las rocas que formanla tierra.

INYECCIONES DE MORTERO.- Introduccion hidraulica de morteros en fisuras, fallas etc. La energia utilizada puede

ser eléctrica ó neumática.

INYECTORES.- Ductos de tubería de fierro o pvc que se utiliza para inyecciones diversas.

GROUTING.- Técnica de ingeniería civil que aplica las inyecciones de mortero en sus diferentes propiedades y necesidades de campo.

PERNOS DE ROCA.- Pernos de fierro en diferentes longitudes y diámetros que se utilizan para las estabilizaciones de terreno ó macisos rocosos.

MALLA ELECTROSOLDADA.- Alambre presentado en forma de redes rectangulares y en diferentes medidas los puntos de enlace tienen soldadura.

CEMENTO.- Es un aglomerante hidráulico cuyos componentes son arcillas, calizas, aluminas, óxidos de fierro y sílice. Son de varios tipos tales como I, II, III, V y V sus propiedades son mejores a mayor tipo el significado de PM en las bolsas de cemento indica que es puzolánico modificado.

AGREGADOS.- Constituido basicamente por arena y cantos rodados tambien se le conoce como hormigon.

ADITIVOS.- Son sustancias quimicas que se presentan en dos estados solido y liquido su funcion es retardar ó acelerar reacciones quimicas.

CURADO.- Es el nombre vulgar que se le da al mantenimiento de la reaccion quimica entre el cemento y el agua dicho mantenimiento generalmente debe ser de 7 dias consecutivos.

PENETRABILIDAD.- Es el efecto de lograr introducir el mortero de cemento en diferentes aberturas.

REBOTE.- Es el material (cemento rociado) que cae luego del impacto neumatico este material se pierde por operacion tecnica controlable en un 12%.

VISCOSIDAD.- Este fenomeno esta definido por el grado de frotamiento entre moléculas que se encuentran dentro de un liquido.

DOSIFICACION VOLUMETRICA.- Son relaciones diferentes de arena, agua, cemento etc. Estas dosificaciones pueden ser volumetricas ó por peso.

RESISTENCIA ESPECIFICADA ($f'c$).- Es la resistencia a la compresion de un concreto cualquiera, esta resistencia es siempre mayor a la resistencia de trabajo la cual es siempre considerada en los diferentes planos de obras civiles.

$$f = 35 \text{ kg/cm} + f'c.$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ANEXOS - VARIOS

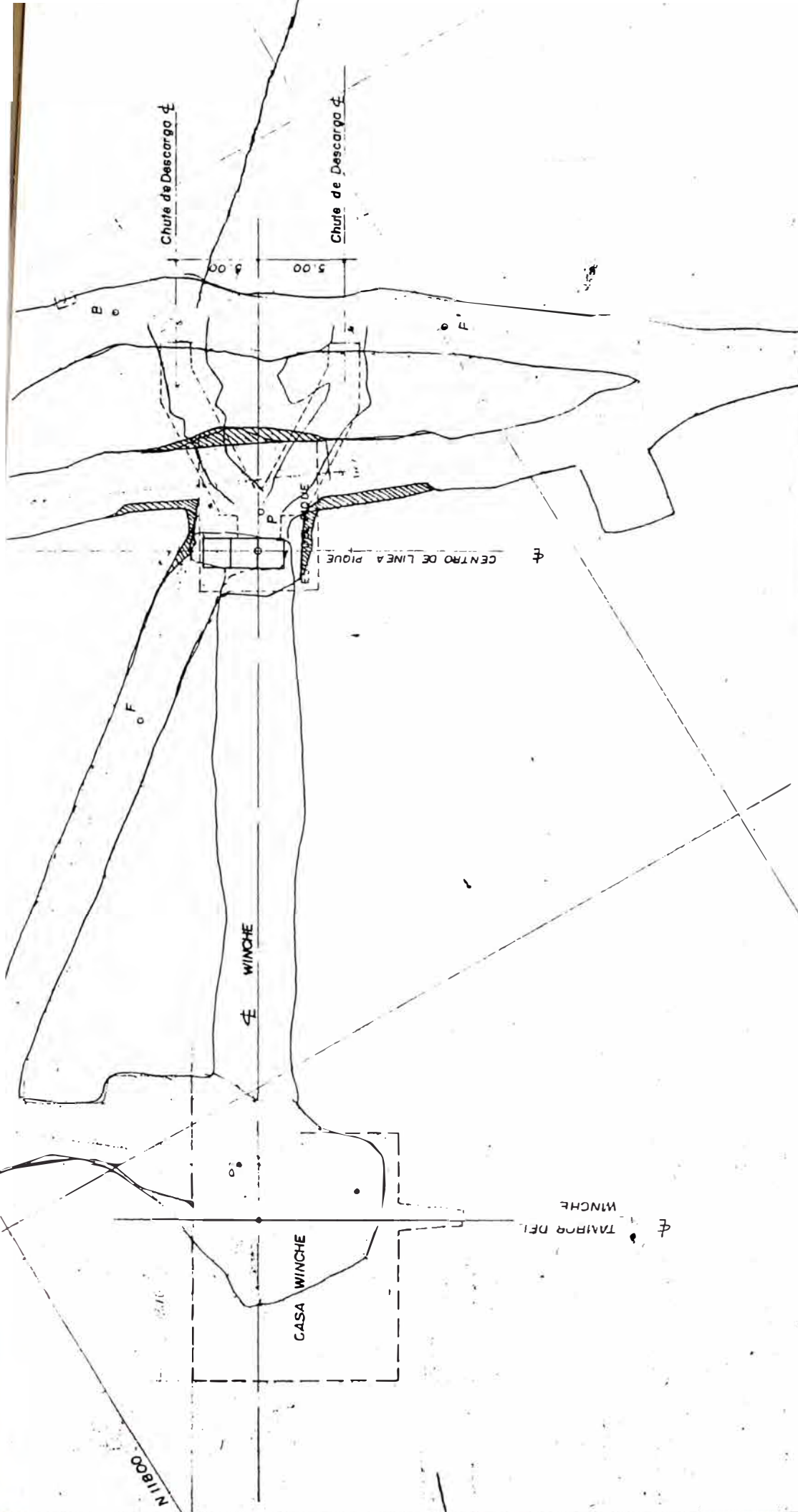
*TESIS: SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO
EN MINAS Y OBRAS CIVILES*

TITULO DE GRADO: INGENIERO DE MINAS

PEDRO ROY RODRIGUEZ VALLE

LIMA - PERU

1985



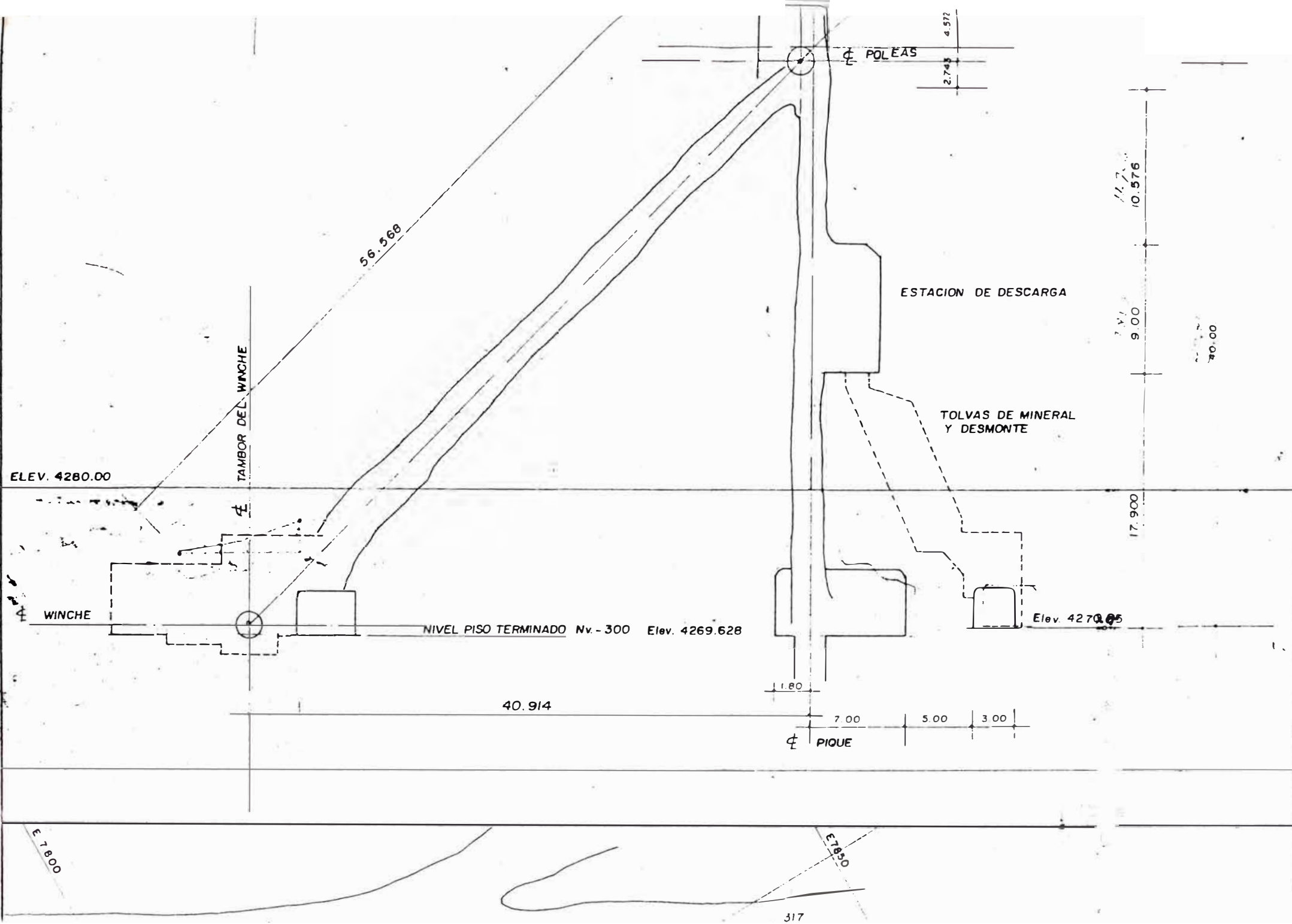
VOLCAN COMPANIA MINERA S.A.

PIQUE CENTRAL CARAHUACRA

C-01

ESC. 1-250

N 1750



ELEV. 4280.00

56.568

TAMBOR DEL WINCHE

☒ POLEAS

4.572
2.748

ESTACION DE DESCARGA

TOLVAS DE MINERAL Y DESMONTE

11.750
10.576

9.00

30.00

17.900

Elev. 4270.05

NIVEL PISO TERMINADO Nv. - 300 Elev. 4269.628

WINCHE

40.914

1.80

7.00

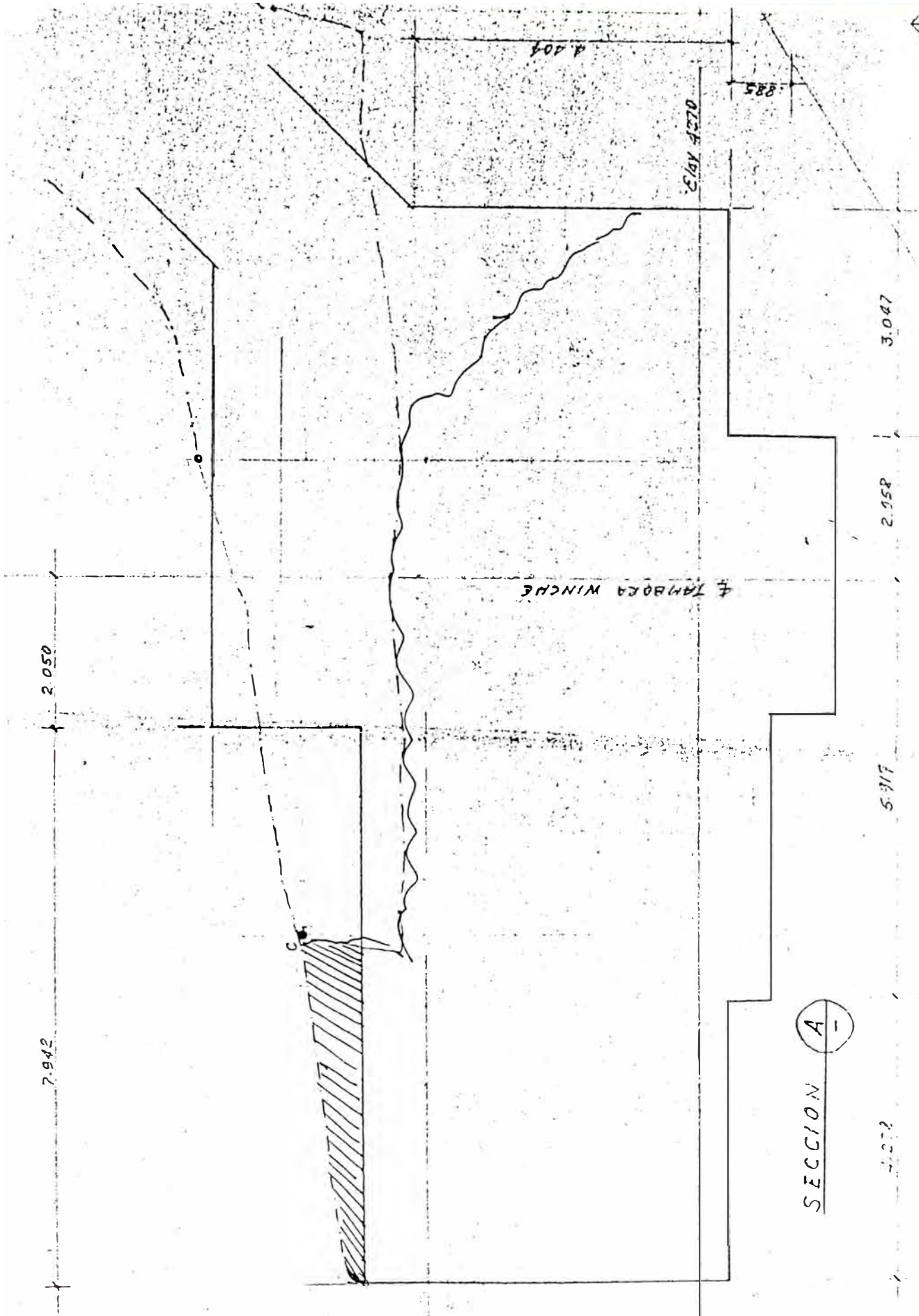
5.00

3.00

☒ PIQUE

E 7.800

E 7.850



2.050

7.942

4.404

1.885

CLAY A370

± TAMBORE WINCHE

3.047

2.958

5.317

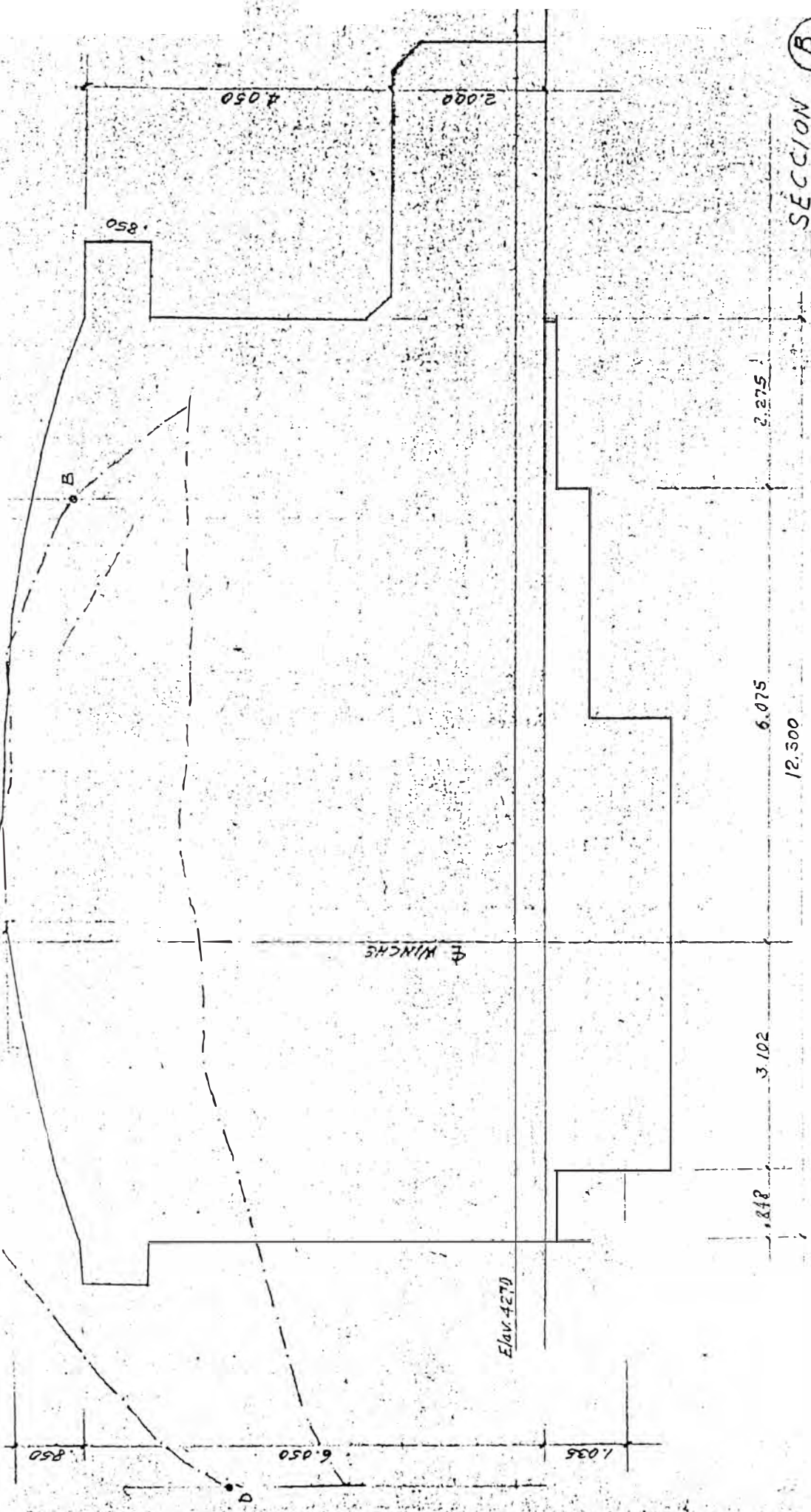
4.272

YARIBLA
4.000
MAX.

6.050

SECCION A

± FINCHES



B

SECTION

2.275

6.075

12.500

3.102

1.035

ELEV. 4270

2.000

4.050

0.850

0.850

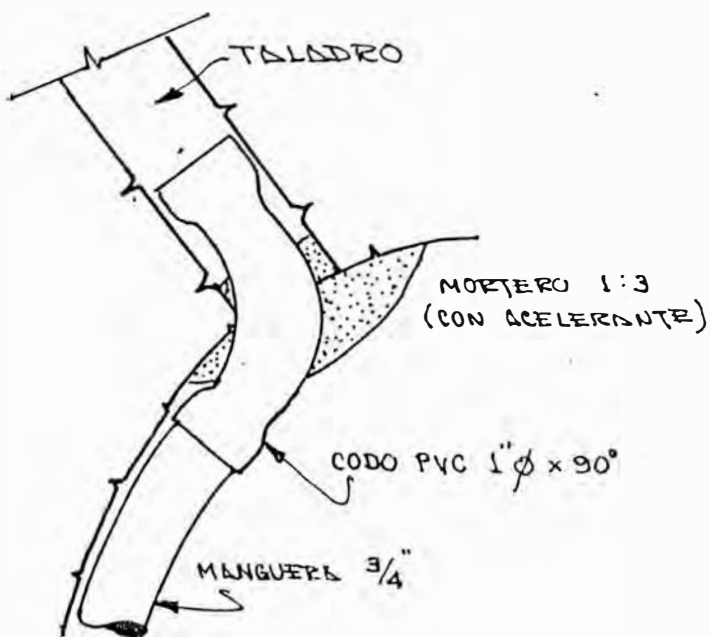
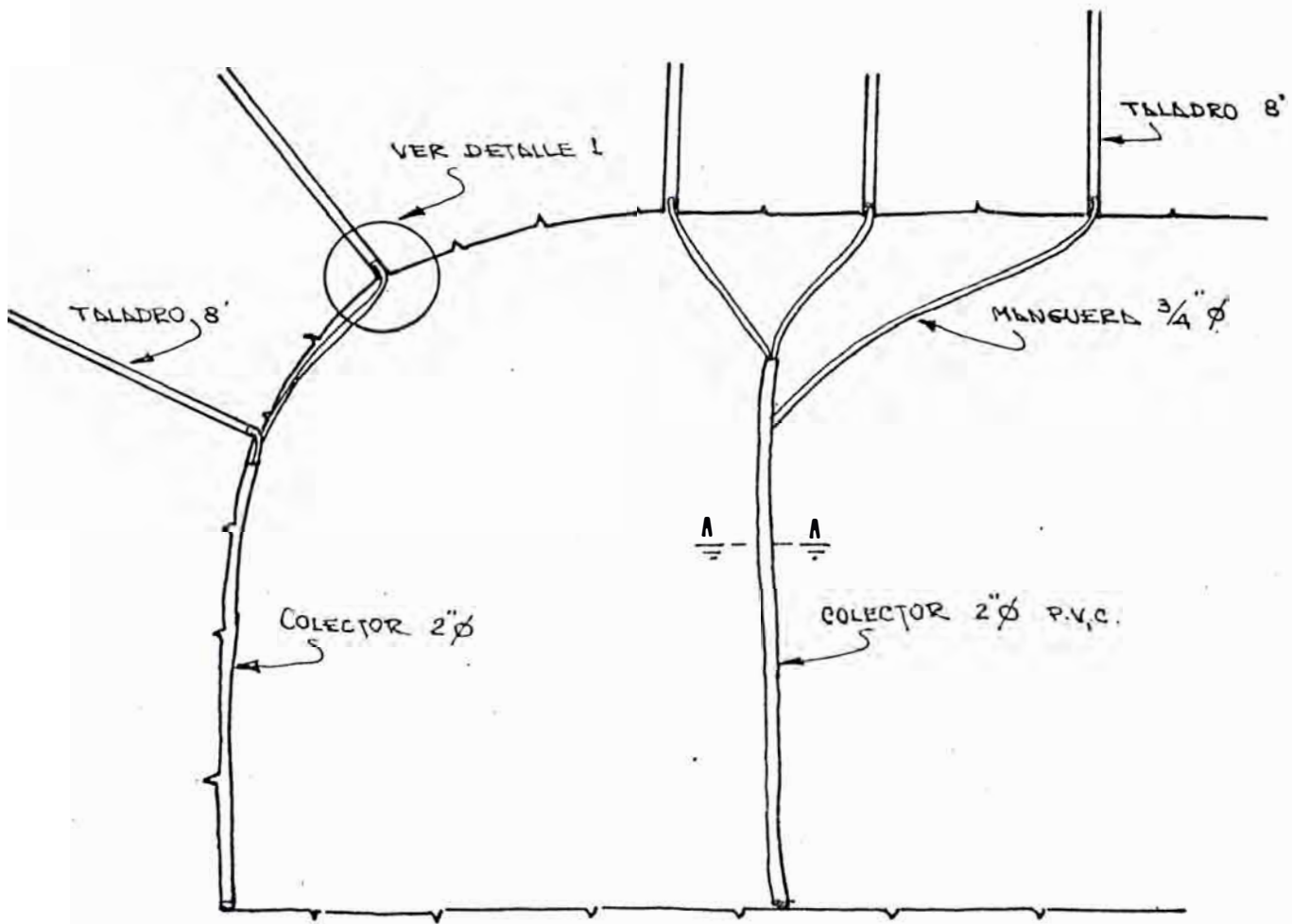
6.050

1.035

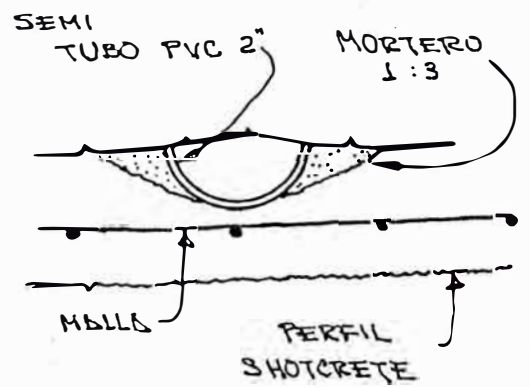
B

D

DRENAJES



DETALLE 1



SECCION A-A

DISEÑO DE EXCAVACION

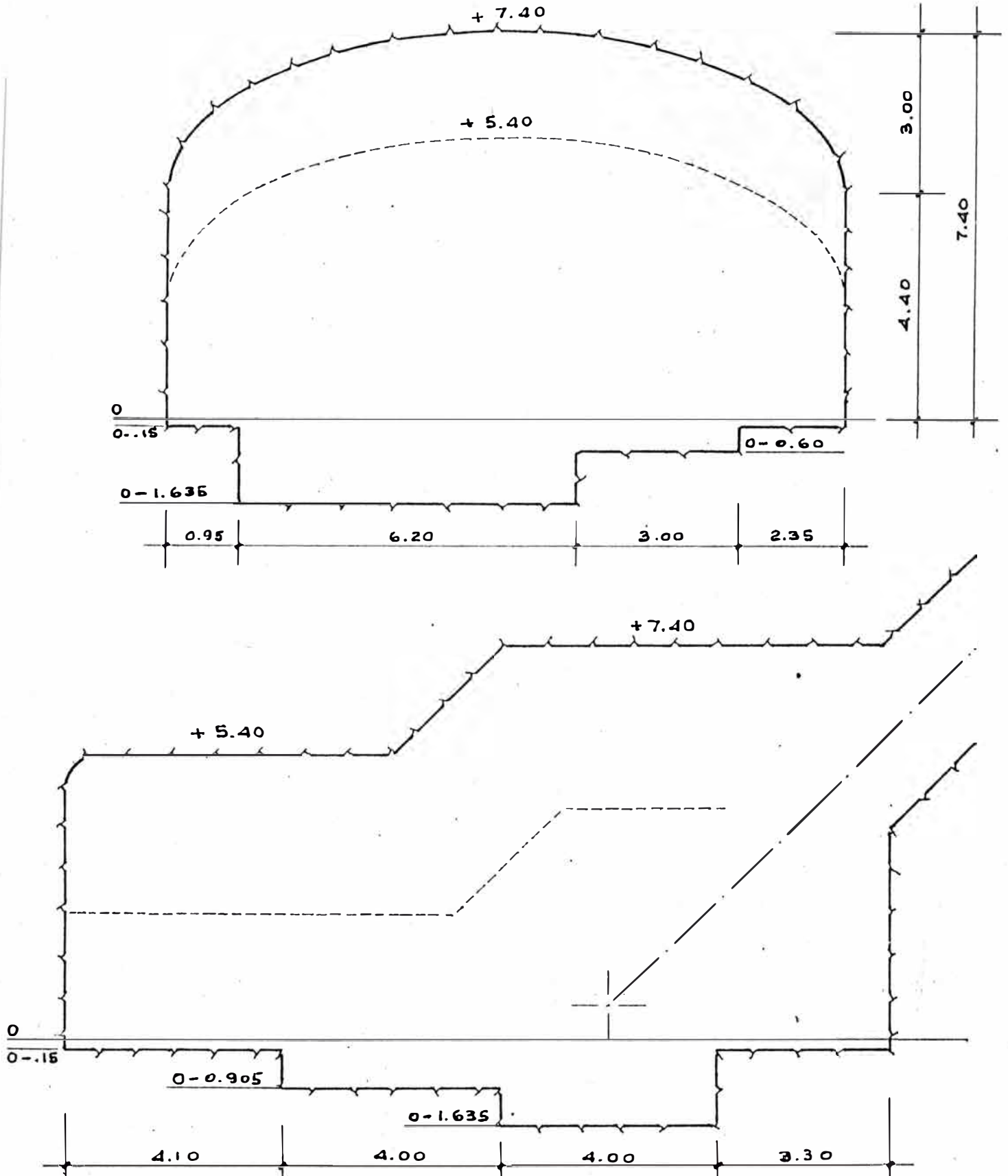
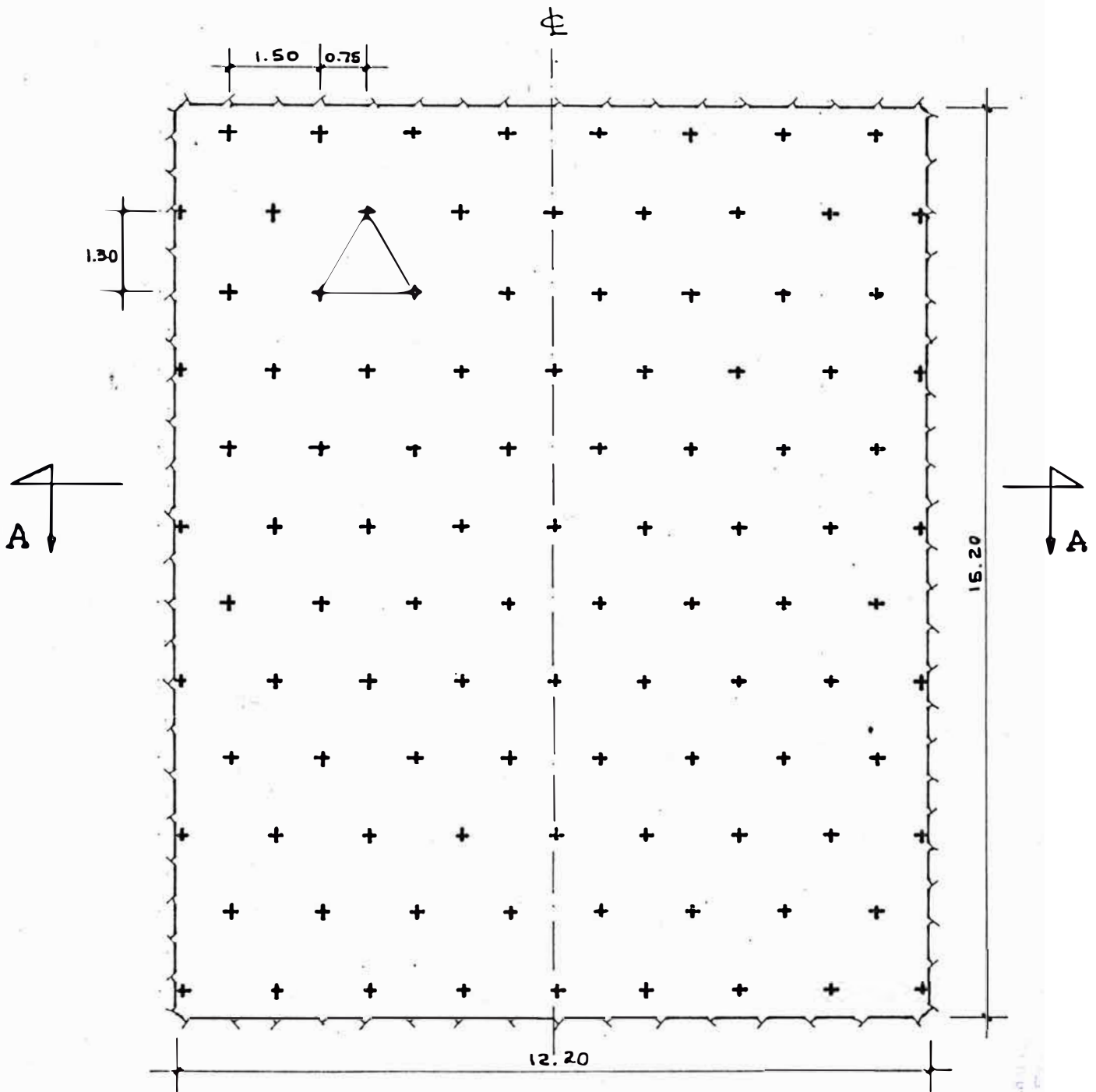
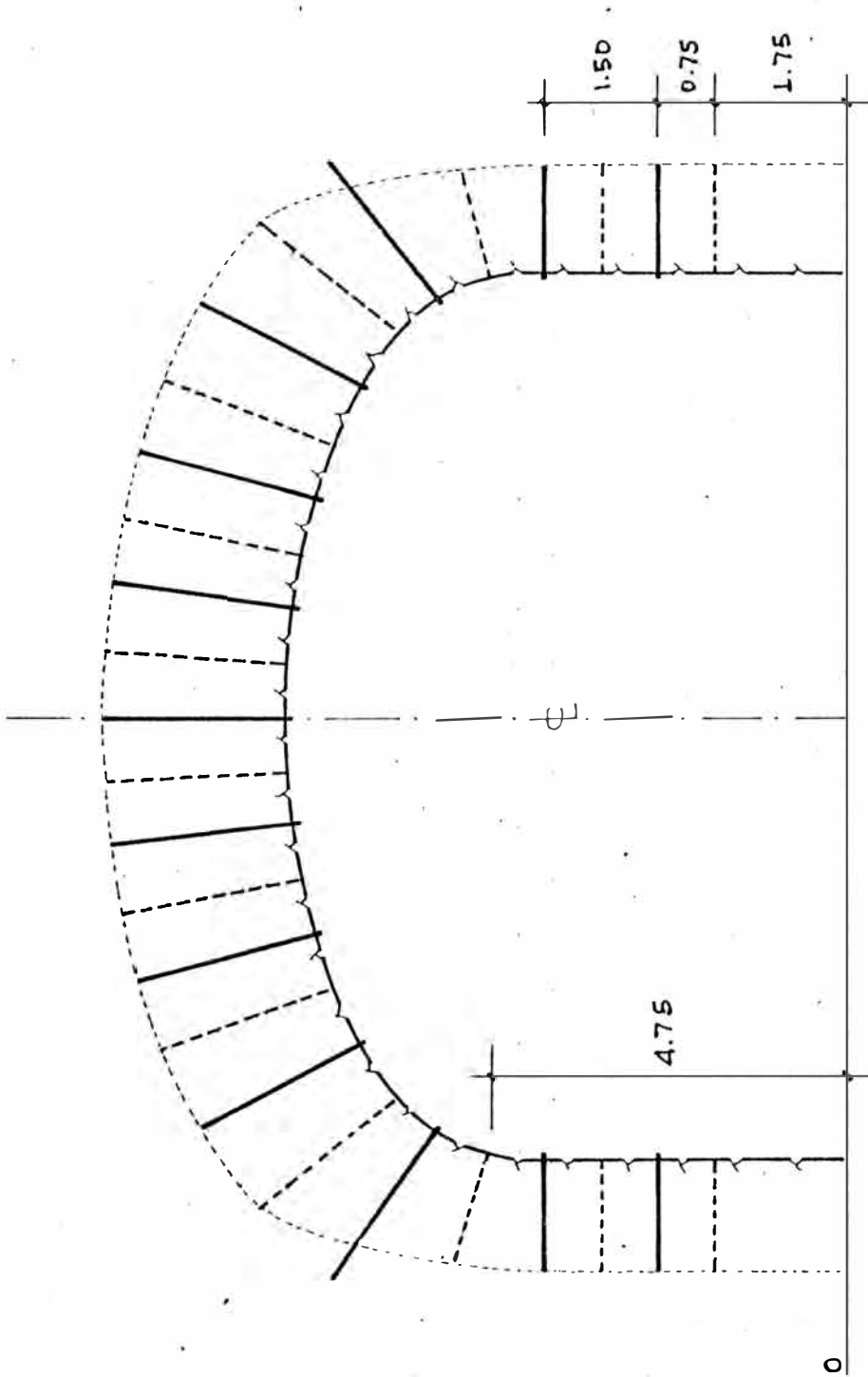


Fig. 1



DISTRIBUCION DE PERNOS EN EL TECHO

Fig. 2

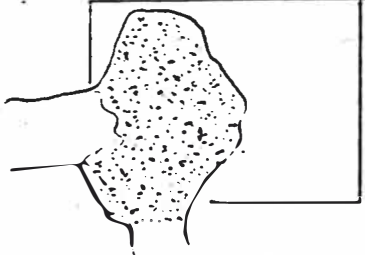
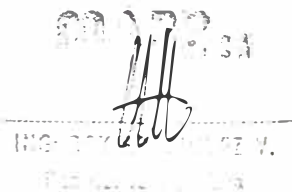
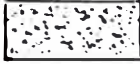


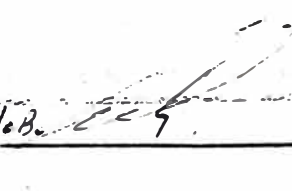



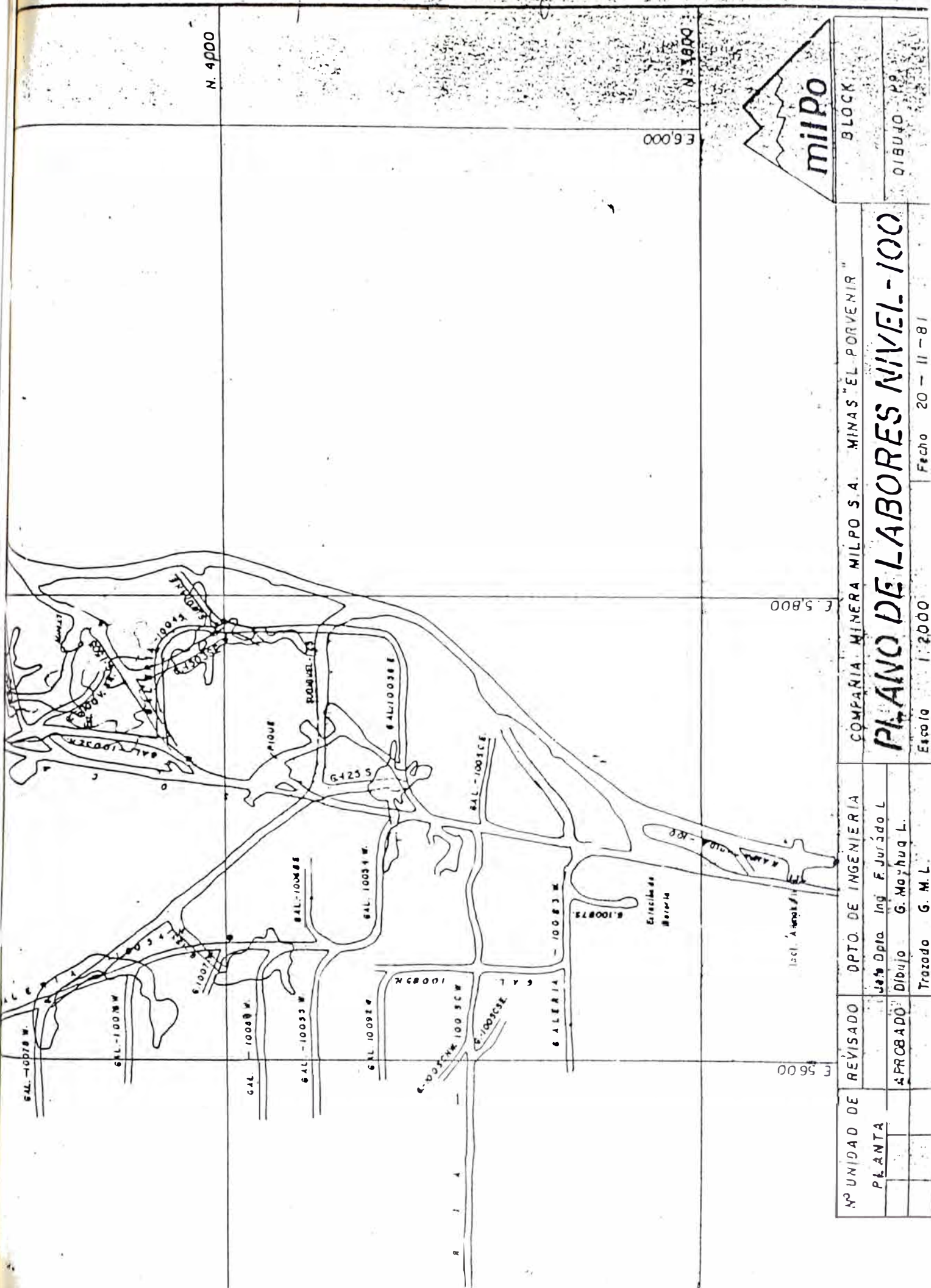
CORTE A - A

Fig. 3

HOJA DE METRADOS

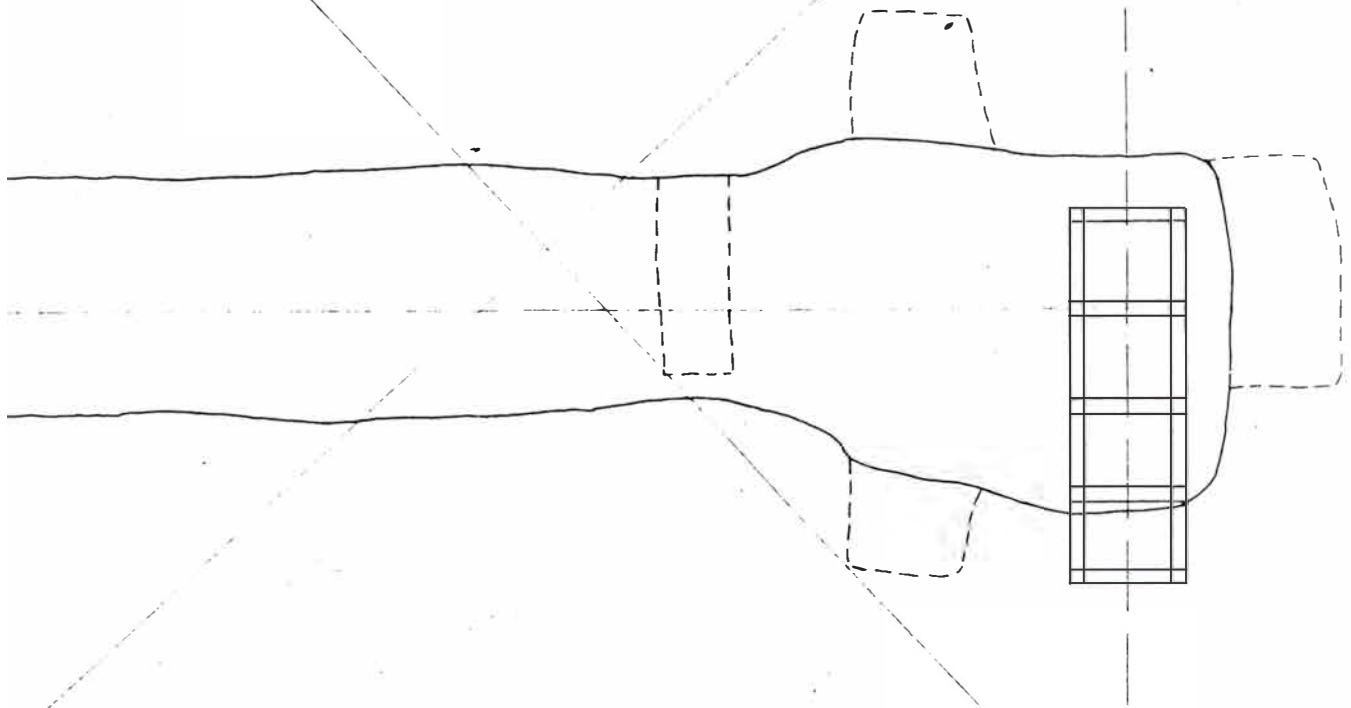
CONTRATO	OBRA FORTIFICACION DE LA	CONTRATISTA	VALORIZACION Nº 01	FECHAS	
				INIC. CONTR.	VALORIZ.
CIAS: VOLCAN - MAZZ SA	SALA WINCHE NIVEL 300	MAZZ SA	ENERO 86'		

CODIGO	ESPECIFICACIONES	UNIDAD	CANT.	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL	OBSERVACIONES
				LARGO	ANCHO	ALTO			
004	 APLICACION SHCRETE 6"	M ²	115.02			—	115.02	115.02	APLICACION EN BOVEDA. 
005	 APLICACION SHCRETE 4"	M ²	31.59				31.59	31.59	APLICACION EN PAREDES 
006	INSTALACION E INYECCION PERNOS DE 5'	C/U	35				35	35	V.B. 
007	INSTALACION E INYECCION PERNOS DE 8'	C/U	65				65	65	V.B. 
008	 INSTALACION DE MALLA (4" x 4" x 1/4")	M ²	159.39				159.39	159.39	



Nº UNIDAD DE REVISADO	COMPAÑIA MINERA MILPO S.A. MINAS "EL PORVENIR"		BLOCK
	PLANO DE LABORES NIVEL-100		
	Ing F. Jurado L.		Fecha 20 - II - 81
PLANTA	DIBUJO	Dibujo G. Mayhug L.	Escala 1:2000
APROBADO	Trazado G. M. L.		

3.735



N. 3970

LEV.	H. VILLENA J.	COMPañIA MINERA MILPO S. A.
DIB.	H. VILLENA J.	OBRA:
ESC.	1:100	SALA DE WINCHAS
FECHA	OCTUBRE - 10 - 81	VISTA EN PLANTA

5705

HOIST

5690

4015

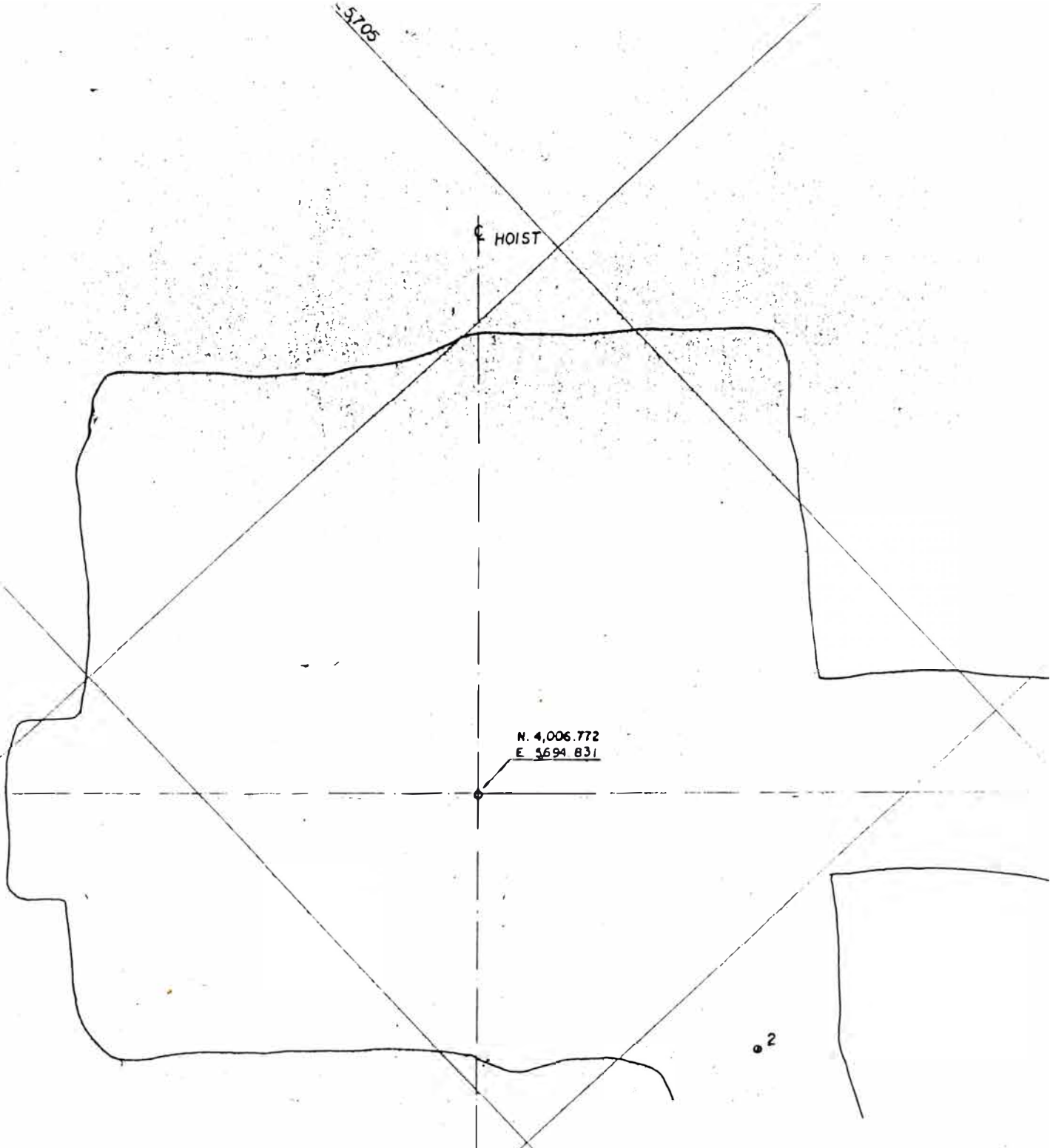
N. 4,006.772
E. 5,694.831

2

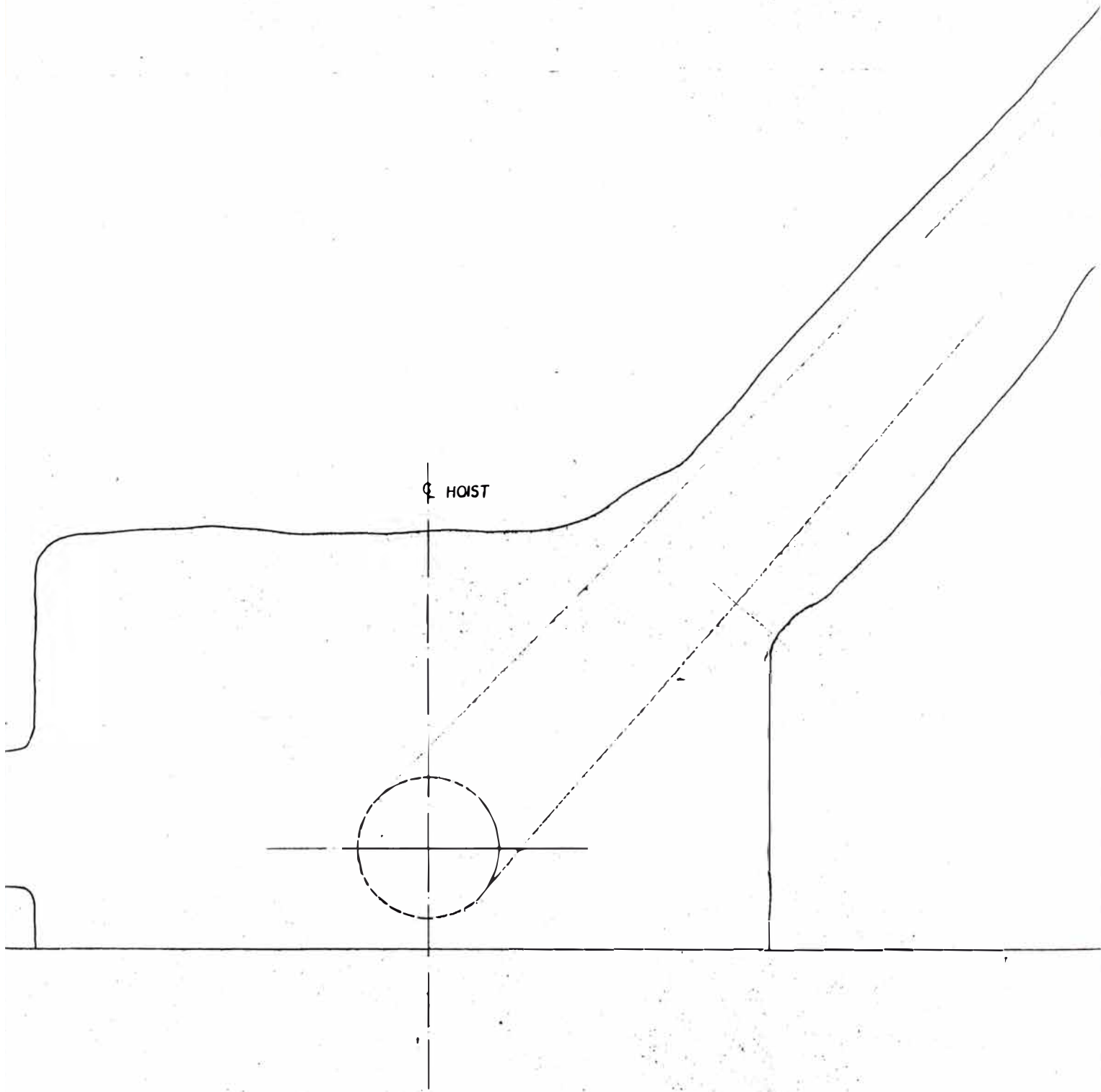
5675

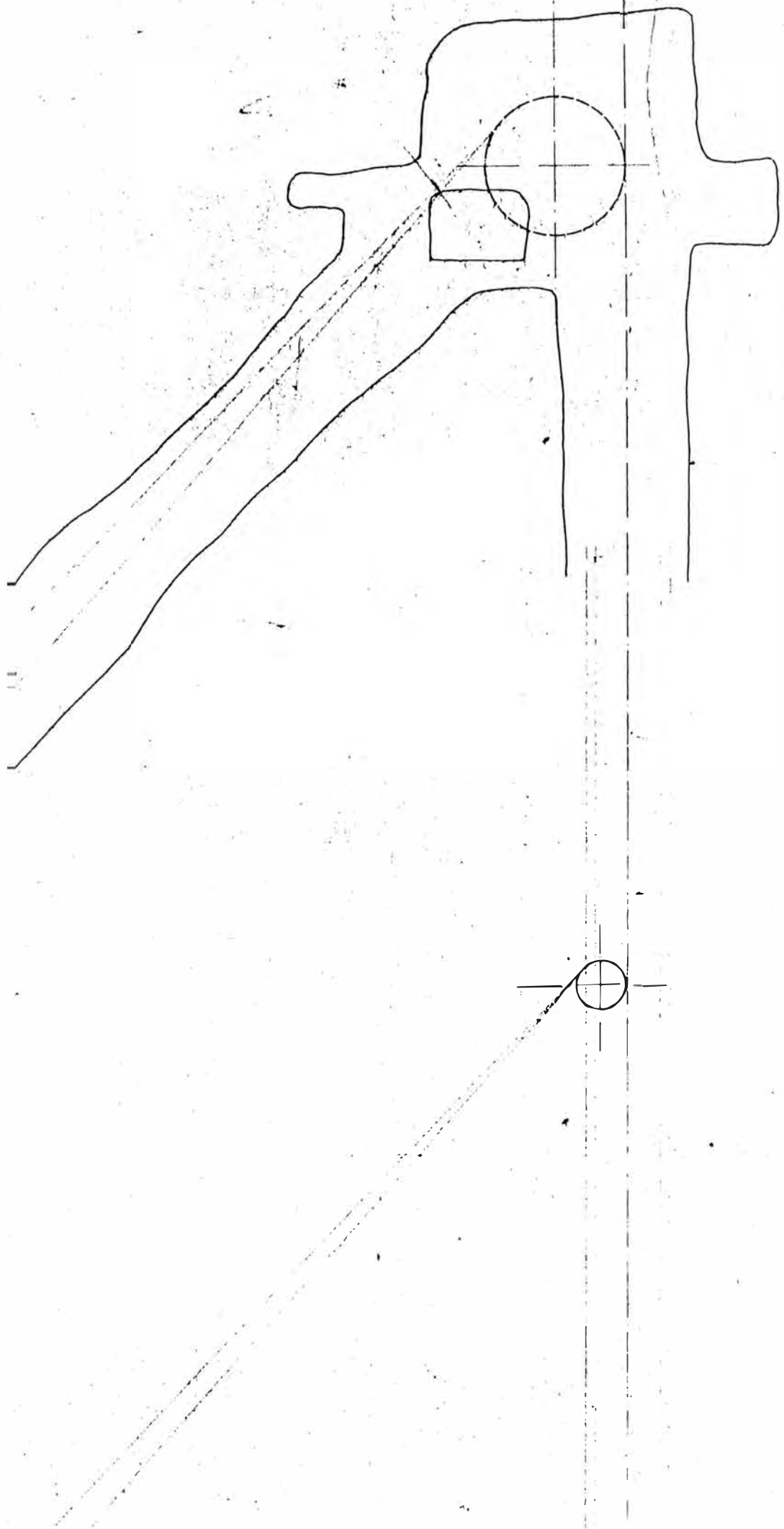
N. 4000

N. 3985



Q HOIST



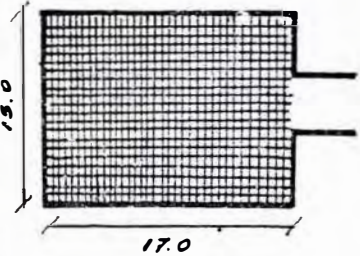
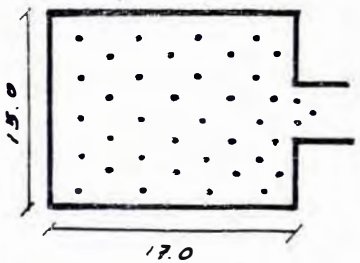


4530 m.

HOJA DE METRADOS

CONTRATO	OBRA CÁMARA DE WINCHES.	CONTRATISTA	GRIZACION N°	FECHAS	
				INIC. CONTR.	VALORIZ.
	INSTALACION DE MALLAS Y	I.S.S.A.	02	12 mayo 1982	8 julio 1982

Pernos de roca

CODIGO	ESPECIFICACIONES	UNIDAD	CANT.	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL	OBSERVACIONES
				LARGO	ANCHO	ALTO			
		1	1	17.0	15.0	-	255.0	255.0	
		1/A	39	-	-	-	39.0	39.0	Especificaciones: Roca bolta de 12"x12" tensionados e inyectados en toda el área del techo de la cámara de winchas.

HOJA DE METRADOS

CONTRATO	OBRA	CONTRATISTA	VALORIZACION Nº	FECHAS	
				INIC. CONTR.	VALORIZ.
	APLICACION DE SHOTCRETE	I.S.S.A.	01	12 mayo 1982	3 julio 1982

CARRERA DE ANCHOS.

CODIGO	ESPECIFICACIONES	UNIDAD	Espesor prom.	CANT.	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL	OBSERVACIONES
					LARGO	ANCHO	ALTO			
B		M ²	3"	1	235.0	1.0	0.0	235.0		
L1		M ²	3"	1	173.5	0.0	0.0	173.5		
L2		M ²	3"	1	134.5	0.0	0.0	134.5		
L3		M ²	3"	1	157.5	0.0	0.0	157.5		
L4		M ²	3"	1	107.5	0.0	0.0	107.5		
									98.0	
									<u>353.5</u>	

CAPSULAS DE RESINA



TIPO **MKA-A**

TIPO MKA (ROJO) ACCION Lenta
TIPO MKB (VERDE) ACCION Rapida

INSTRUCCIONES DE INSTALACION

PRELIMINAR

A. Revisa el siguiente equipo

- Un taladro eléctrico-neumático o desatornillador para rotar de 100 a 300 r.p.m.
- Una herramienta para instalar la tuerca al perno.
- Un adaptador para conectar la cabeza del taladro a la tuerca.

B. Asegúrese que el día no sea demasiado frío para adecuar el tipo de resina (véase talón separado). Si estuviera en duda guarde las cápsulas y pernos en un lugar templado hasta inmediatamente antes de su uso.

INSTALACION

- I Soplar con aire o agua la cavidad, quitando el polvo y otros desperdicios.
- II Chequear que el perno esté libre para rotar en la cavidad y que la cavidad esté correcta en su profundidad (por ejemplo 3" menos que el largo del perno).
- III Inserte las cápsulas necesarias dentro de la cavidad, empujando bastante adentro con el perno hasta romper las cápsulas.
- IV Conecte el taladro o desatornillador al perno haciéndolo rotar; esta operación permitirá el batido de la resina, mayor batido se necesitará en los días fríos.
- V Girar el perno por un aproximado de 30 segundos, una vez que esté adentro. Continúe algo más si el perno está rotando muy suavemente.
- VI Quite el taladro y procure no mover el perno hasta 15 minutos que el gel haya ocurrido. El tiempo del gel puede ser detectado cuando el perno se torne demasiado rígido para rotar ligeramente con los dedos.
- VII Instale las tuercas y tuercas en el perno y tense cuando sea necesario.

Estas cápsulas fraguarán en el tiempo aproximado mostrando en la tabla adjunta y será suficiente un aproximado de 15 minutos para someterla a carga FULL-CARGA

TIEMPO DE GEL COMPARADO CON LA TEMPERATURA DEL AMBIENTE

° C	50° C	100° C	150° C	200° C	250° C	300° C	350° C
1'	3'30"	3'	2'30"	3'	1'30"	1'	30"



C E R T I F I C A D O

Por el presente certtificamos que la CIA MAEZ S.A. ha realizado la excavación de la cortada N° 3820 de la Mina Calera con una sección de 2.4 x 2.4 y una extensión de 160 metros lineales.

Actualmente la CIA MAEZ está efectuando actividades de Asesoría Técnica en sostenimiento de Galerías Subterráneas en Mina Orcopampa.

Expedimos el Pte. certificado para los fines que estime conveniente.

Orcopampa, 12 de Marzo de 1985

P. P. IA. de Minas Orcopampa S. A.

B I B L I O G R A F I A .

- Rock Mechanics L.Muller Viena 1978
- Engineering Propierties of Rocks W.Farmer N.Y 1967
- Mecanica de Rocas y la Geotécnia Aplicada
a la minería(Revst.Minas) F.Ramirez U.N.I 1979
- Baltd Support for Tunnels Suiza 1954
- Equipos de Construcción R.Peurifoy Mex. 1970
- Conversatorio Internacional Ingemmet Perú 1984
- Contractor Gunit Association Suiza 1975
- Tecnología del Concreto Rivva L. UNI 1968
- Cimentaciones P.Galabru Espñ.1975
- Mecanica de suelos y Cimentaciones W. Dunham 1972
- Perfil de Agregados (tesis) L.Ramon UNI 1970
- Practica Recomendada en C.C. J.Alva ACI 1978
- Procedimiento Ind. de la C.C. P.Volpe USA 1978
- Maquinarias de Construcccion D.Day Mex. 1973
- Control de Calidad del Concreto Inst. Mex del Cto,Crt
traducción autorizada de Concrte Quality ACI 704-4
- Formatos de Productos Aliva ALIVA Suiza 1983
- Katalog fürr Technische Regeln B. Alem. 1985
- Specifications for Structural Concrete. ACI 301
- Diseño de concreto armado Schaum USA 1970.

INDICE GENERAL

1.- Introducción	1
2.- Sistemas de sostenimiento	3
2.1.- Necesidades del sostenimiento	10
2.2.- Sistema del shocrete	14
2.3.- Sistema de inyecciones de mortero	22
2.4.- sistemas convencionales	30
2.5.- Eficiencias operativas y costos	36
3.- Factores determinantes	37
3.1.- Mano de obra	37
3.2.- Equipos y su mantenimiento	37
3.3.- Materiales y sus cualidades	39
3.4.- Dosificaciones y condiciones de aplic.	44
4.- Descripción de equipos	45
4.1.- Bombas concreteras	47
4.2.- Bombas para líquidos	48
4.3.- Equipos necesarios acondicionados	51
5.- Propiedades de los sistemas	52
5.1.- Sistema del shocrete	55
5.2.- Sistema de inyecciones de mortero	58
5.3.- Sistemas convencionales	59
6.- Operación básica	60
6.1.- Recomendaciones operativas	65
6.2.- Normas estándar ASTM - ACI - DIN.	69
6.3.- Conclusiones generales.	72